



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

INTELIGENTNÍ NABÍJEČKA AKUMULÁTORŮ

INTELLIGENT CHARGER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN ULVER

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Dr. Ing. ZDENĚK KOLKA

BRNO 2010



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Martin Ulver

ID: 106845

Ročník: 3

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Inteligentní nabíječka akumulátorů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s metodami nabíjení akumulátorů. Navrhněte koncepci spínané nabíječky kombinované s řízenou zátěží pro napětí do 24V, která umožní nabíjení, resp. regeneraci akumulátorů podle nastaveného programu. Pro zvolené uspořádání navrhněte schéma zapojení a proveďte výpočet prvků.

Zařízení realizujte a proveďte základní měření.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] CENEK, M. a kol. Akumulátory od principu k praxi. Praha: FCC Public, 2003, 248 s. ISBN 80-86534-03-0

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 28.5.2010

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Zdeněk Kolka

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Martin Ulver
Bytem: Horní 557, Rokytnice nad Jizerou, 512 44
Narozen/a (datum a místo): 21. března 1988 v Turnově

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida, předseda rady oboru Elektronika a sdělovací technika
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☐ diplomová práce
- ☒ bakalářská práce
- ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Inteligentní nabíječka akumulátorů

Vedoucí/ školitel VŠKP: prof. Dr. Ing. Zdeněk Kolka

Ústav: Ústav radioelektroniky

Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli*:

- ☒ v tištěné formě – počet exemplářů: 2
- ☒ v elektronické formě – počet exemplářů: 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

* hodící se zaškrtněte

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 27. května 2010

.....
Nabyvatel

.....
Autor

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá inteligentním nabíjením baterií, což přispívá k jejich regeneraci a u některých typů k odstranění paměťového efektu. Jsou zde rozebrány charakteristiky nabíjení a návrh koncepce spínané nabíječky řízené procesorovou jednotkou. Dále je popsáno zatěžování, neboli vybíjení baterií a navrhnutá analogová zátěž řízená z téže procesorové jednotky.

Procesorová jednotka dle zadaných parametrů a změřených veličin rozhoduje o nabíjení či vybíjení a řídí jej. Parametry jsou zobrazovány na LCD a zadávány na výrobku pomocí tlačítek.

KLÍČOVÁ SLOVA

Regenerace baterie, nabíjení baterie, vybíjení baterie, kapacitní zkouška baterie, procesorové řízení, analogová regulace, PWM regulace.

ABSTRACT

Bachelor's thesis deals with intelligent battery charging, which make for their regeneration and near one type for elimination memory effect. They are here described characteristics loading and design conception switching charger controlled CPU unit. Next be described to loading, or battery discharging and suggested analog load controlled by same CPU unit. CPU unit according to selected parameters and measured value decide about charging or discharging and control him. Parameters are displaying on LCD and entering on product by buttons.

KEYWORDS

Regeneration accumulator, charge accumulator, discharge accumulator, capacity test of accumulator, processor control, analog regulation, PWM regulation.

ULVER, M. *Inteligentní nabíječka akumulátorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2010. 50 s., 9 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Zdeněk Kolka.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Inteligentní nabíječka akumulátorů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji mému vedoucímu bakalářské prof. Dr. Ing. Zdeňkovi Kolkovi za vedení, poskytování cenných rad a konzultace při vytváření mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Seznam obrázků	10
Úvod.....	11
1 Celková koncepce	12
1.1 Návrh celkové koncepce	12
1.2 Zvolení parametrů	12
2 Zatěžovací část	13
2.1 Obecná charakteristika	13
2.2 Návrh zapojení a výběr prvků	14
3 Nabíjecí část	16
3.1 Obecná charakteristika	16
3.1.1 Nabíjecí charakteristiky	16
3.2 Návrh zapojení a výběr prvků	21
4 Řídící část.....	24
4.1 Obecná charakteristika	24
4.2 Návrh zapojení, výběr a výpočet prvků	25
4.3 Řídící program.....	29
5 Parametry zařízení.....	30
5.1 Technická data.....	30
5.2 Vzhled zařízení.....	30
5.3 Ovládání, zobrazování.....	33
5.4 Naměřené hodnoty	34
5.4.1 Vybíjení.....	34
5.4.2 Nabíjení.....	36
6 Závěr.....	39
Literatura	40

Seznam použitých zkratek.....	41
Přílohy	42
A1 Schéma řídicí desky.....	42
A2 Blokové schéma	43
B1 DPS Řídicí desky – strana součástek.....	44
B2 DPS Řídicí desky – strana spojů.....	45
B3 DPS Nabíječe.....	46
B4 Seznam součástek	47

Seznam obrázků

Obrázek 1. Principiální zapojení	12
Obrázek 2. Schéma zapojení Zátěže	14
Obrázek 3. Pouzdro SOT-227	14
Obrázek 4. Nabíjecí charakteristika W	17
Obrázek 5. Nabíjecí charakteristika I.....	18
Obrázek 6. Nabíjecí charakteristika IU _{Ia}	19
Obrázek 7. Schéma zapojení nabíjecí části	21
Obrázek 8. Pouzdro TO-220	21
Obrázek 9. Schéma Nabíječe	22
Obrázek 10. Schéma zapojení měření proudu.....	26
Obrázek 11. Schéma zapojení řízení vybíjení	27
Obrázek 12. Schéma zapojení měření teploty	28
Obrázek 13. Pohled na celé zařízení	30
Obrázek 14. Pohled shora.....	31
Obrázek 15. Pohled na řídicí desku.....	31
Obrázek 16. Pohled na nabíječ a napájecí zdroj 17V	32
Obrázek 17. Pohled na vybíjecí část, bočníky, výstupní svorky	32
Obrázek 18. Ukázka výpisu displeje	33
Obrázek 19. Graf oteplení při vybíjení.....	34
Obrázek 20. Řídicí pulsy a střídavá složka výstupního napětí.....	36
Obrázek 21. Řídicí pulsy při výstupu naprázdno	36
Obrázek 22. Řídicí pulsy při výstupu naprázdno na GATu tranzistoru	37
Obrázek 23. Řídicí pulsy při nabíjení.....	37
Obrázek 24. Řídicí pulsy při nabíjení na GATu tranzistoru	38
Obrázek 25. Graf oteplení při nabíjení.....	38

Úvod

Akumulátor je zařízení, které slouží pro akumulaci elektrické energie. Každý uživatel má zájem o maximální využití parametrů, které má s tímto výrobkem k dispozici.

Jsou dva hlavní faktory dlouhé životnosti baterie. Jeden faktor ovlivní hlavně uživatel a to je udržování baterie v nabitém stavu a její nevybití pod dolní mez. Např. ponechání oloveného akumulátoru (autobaterie) ve vybitém stavu dochází k sulfataci elektrod a tím k jeho znehodnocení. Při jeho vybití pod hodnotu 10,5V (1,75V/článek) se začne vytvářet nerozpustný síran olovnatý, důsledkem je stálé snižování kapacity baterie a zvyšování jejího vnitřního odporu[1]. Praktický případem jsou otevřené dveře zaparkovaného auta v garáži.

Druhý faktor je správné nabíjení akumulátoru. Každý typ akumulátoru se nabíjí jiným způsobem, podle jiné nabíjecí charakteristiky a jiných parametrů. Proto se v současné době zvyšuje počet „Intelligentních“ nabíječek akumulátorů. Těchto nabíječek může být mnoho typů. Nejjednodušší nabíječky nemají velký rozsah parametrů (např. nabíjecí proud a napětí) a jsou určeny pouze pro jeden typ baterií a zpravidla umí nabíjet pouze podle jedné nabíjecí charakteristiky. Naopak řízené nabíječky mají velký rozsah nabíjecích parametrů, umí nabíjet různé typy baterií, mají teplotní kompenzaci, atd. Parametry nabíjení se mohou zadávat přímo na výrobku, nebo je nabíječka připojena k PC a parametry se zadávají přes příslušný program v PC. Obslužný program také může vykreslovat nabíjecí a vybíjecí charakteristiky, počítat dodané a odebrané ampér-hodiny atd. (pokud je nabíječka vybavena i vybíjecí částí). Obslužný program a nabíječka komunikují přes různá rozhraní, v současné době se nejvíce přechází na komunikaci přes USB. Podmínkou u inteligentních nabíječek je použití procesorové řídicí jednotky.

1 Celková koncepce

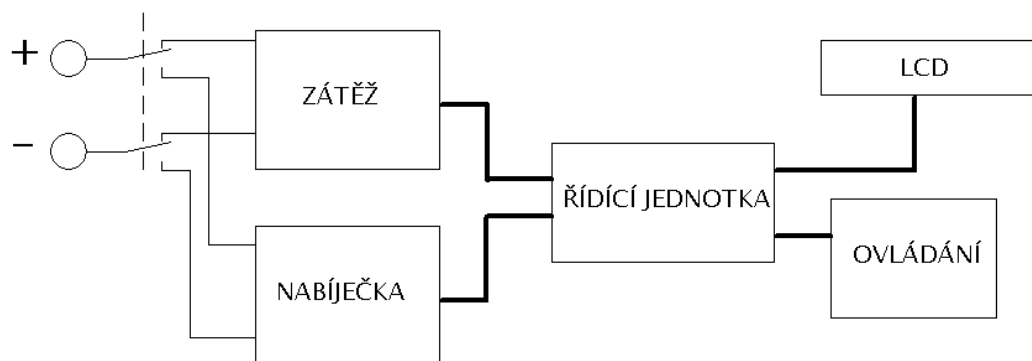
1.1 Návrh celkové koncepce

Navrhovaná inteligentní nabíječka by měla být složena ze tří hlavních částí.

Jedna část je „Zatěžovací“, která baterii zatěžuje, tzn. vybíjí dle daných parametrů.

Druhá část je „Nabíjecí“, která slouží k nabíjení baterie daným proudem na dané napětí.

Obě části jsou monitorovány a řízeny částí třetí, což je část „Řídící“.



Obrázek 1. Principiální zapojení

Zapotřebí jsou ještě další části, jako je zobrazovací (LCD), ovládací a také napájecí. Každá část potřebuje jiný zdroj a na jiné účely. Zatěžovací část je víceméně výkonová část a potřebuje zdroj pouze při větších výkonech na odvod tepla (pro ventilátor). Část nabíjecí potřebuje pochopitelně zdroj na dodání energie do baterie. Řídící část potřebuje zdroj pouze na napájení elektronických obvodů.

1.2 Zvolení parametrů

V zadání práce je určeno nabíjení (vybíjení) do 24V, proto bylo zvoleno jako maximální napětí pro nabíjení 27V. V režimu vybíjení je toto napětí stejné. Proud nebyl zadán a tak byl zvolen v režimu vybíjení 20A a v režimu nabíjení je také 20A. Oba režimy jsou ale ještě omezeny výkonově a to na 250W.

Režim	$I_{\max}[\text{A}]$	$U_{\max}[\text{V}]$	$P_{\max}[\text{W}]$
Nabíjení	20	27	250
Vybíjení	20	27	250

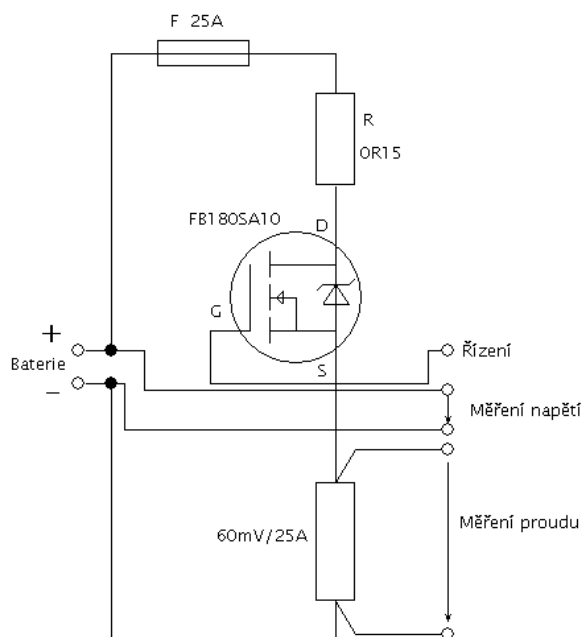
2 Zatěžovací část

2.1 Obecná charakteristika

Úkolem zatěžovacího zařízení je cílené vybíjení baterie za konkrétních podmínek a zjištění velikosti odevzaného náboje v Ah. V případech, kdy jde o malé jednočládkové baterie typu NiMH, NiCd velikosti AA, AAA a podobně, to není takový problém, jelikož zde nejde o velký výkon. Výkon nepřekročí jednotky wattů. S počtem článků roste napětí baterie a pokud poroste i kapacita baterie, při vybíjení již nejde o jednotky, ale i o stovky wattů. Např. baterie 12V s kapacitou 60Ah, když ji budeme vybíjet 1/3C, tak maximální výkon na ztrátovém prvku je $P=U \cdot I=13,5 \cdot 20=270\text{W}$. V tomto případě s odvodem tepla musíme počítat jak při výběru prvku, tak při dimenzování chladiče. Prvek musí s dostatečnou rezervou splňovat maximální parametry, na které bude zátěž určena, a musí být určen na analogovou oblast regulace, musí být ve vhodném pouzdře, aby byl schopen odvést z čipu na pouzdro dostatečně velký výkon. Při dimenzování chladiče na takto velký výkon patrně nebude stačit pasivní chladič, neboť by dosahoval velkých rozměrů. Proto bude chladič aktivní a bude obsahovat ventilátor. Při ještě větších výkonech by bylo nejspíš zapotřebí použít např. vodní chlazení, což je technologicky náročnější a dražší, proto se při větších výkonech použije více prvků a při potřebě velkých proudů se použijí paralelně, nebo při potřebě velkých napětí sériově. Na každém z použitých prvků musí při sériovém zapojení být stejné napětí, nebo při paralelním zapojení musí každým prvkem téct stejný proud. Neboli celkový výkon se musí rozdělit rovnoměrně na každý prvek. Pokud tomu tak nebude, může se stát, že na jednom prvku bude mnohem větší výkon a ten se zničí, což povede k řetězové reakci a ostatní prvky budou přetížené a můžou se zničit všechny. Proto všechny prvky musí být, co se týče parametrů řízení, co nejvíce stejné, což je technologicky náročné na výrobu prvku. Prakticky je nutné každý prvek monitorovat a řídit samostatně, což je náročnější na konstrukci zařízení. Proto se musí pečlivě zvážit všechny možnosti, všechna pro a proti a poté navrhnout vhodnou koncepci. Napětí se měří přímo, nebo se pouze mění na potřebnou úroveň. K měření proudu se nejčastěji používá převodník I na U , neboli „bočník“. Bočník je přesně kalibrovaný odpor, který má přesně dané parametry a lineární závislost. Nejčastěji se vyrábějí bočníky s úbytkem 60mV (např. bočník 60mV/25A), ale lze vyrobit i bočníky jiných úbytků (150mV, 50mV, 75mV, 100mV, 300mV)[2].

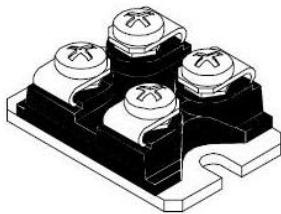
2.2 Návrh zapojení a výběr prvků

Zapojení analogové zátěže je jednoduché. V podstatě je to pouze výkonový tranzistor v sérii s výkonovým odporem. Tranzistor pracuje v analogovém režimu a ztrácí se na něm většina výkonu odebíraného z baterie. Výkonový odpor je použit hlavně jako ochrana. V případě nějaké poruchy je proud omezen při 24V na 160A, což by nemělo zničit tranzistor. Za tranzistor je zařazen bočník na snímání proudu. Na vstupních svorkách je měřeno napětí. Za vstupní svorku je ještě zařazena pojistka, která by spolu s výkonovým odporem měla ochránit tranzistor před zničením. Při poruše a plném otevření tranzistoru nepoteče obvodem proud větší než 160A. Tranzistor má maximální hodnotu 180A. Odpor ochrání tranzistor než zafunguje další ochrana – buď vypnutí tranzistoru pomocí řízení nebo pojistka.



Obrázek 2. Schéma zapojení Zátěže

Jako výkonová součástka byl vybrán tranzistor FB180SA10 od firmy IR. Jeho parametry jsou: $I_D=180A$, $U_{DS}=100V$ a je v pouzdro SOT-227. Jeho pouzdro je izolované a výrobce udává maximální výkonové ztráty $P_D=480W$ [3]. Bočník byl zvolen 60mV na proud 25A[2]. Pojistka byla vybrána PNB000 25A gG od firmy OEZ [4].



Obrázek 3. Pouzdro SOT-227

Jediné, co zbývá u zátěže, je dimenzování chladiče. Výrobce udává maximální teplotu na čipu a tepelný odpor z čipu na pouzdro, který musí být co nejmenší. Dle výkonu spočítáme celkový tepelný odpor a poté získáme potřebný tepelný odpor chladiče.

Výpočet:

$R_{tJC} = 0,26 K/W$ max. tepelný odpor čip \rightarrow pouzdro tranzistoru

$R_{tCS} = 0,05 K/W$ typ. tepelný odpor pouzdro \rightarrow chladič (při použití kontaktní vazelíny)

$R_{tSA} = ?$ max. tepelný odpor chladič \rightarrow okolní vzduch

$T_J = 150^\circ C$ max. teplota čipu tranzistoru

$T_A = 35^\circ C$ max. teplota okolního vzduchu

Při parametrech $U=24V$, $I=10A$ - nejnepříznivější podmínky (velké napětí, max. výkon):

$$P_R = R \cdot I^2 = 0,15 \cdot 10^2 = \underline{\underline{15W}} \quad \dots \text{ Výkon na odporu} \quad (2.1)$$

$$P_T = P_{\max} - P_R = 240 - 15 = \underline{\underline{225W}} \quad \dots \text{ Výkon na tranzistoru} \quad (2.2)$$

$$P_T = \frac{P_T}{R_{tJA}} \Rightarrow R_{tJA} = \frac{P_T}{P_T} = \frac{225}{225} = \underline{\underline{0,511 K/W}} \quad \dots \text{ Max. tepelný odpor}$$

Čip \rightarrow vzduch (2.3)

Max. tepelný odpor, je součet dílčích tep. odporů:

$$R_{tJA} = R_{tJC} + R_{tCS} + R_{tSA} = 0,511 K/W \quad (2.4)$$

Vypočítáme tepelný odpor chladič \rightarrow vzduch:

$$R_{tSA} = R_{tJA} - R_{tJC} - R_{tCS} \cdot 2 = 0,511 - 0,26 - 0,05 \cdot 2 = \underline{\underline{0,151 K/W}} \quad (2.5)$$

tepelný odpor pouzdro \rightarrow chladič je počítán dvakrát. Jednou pro tranzistor a jednou pro výkonový odpor. Tepelný odpor čip \rightarrow pouzdro u výkonového odporu je zanedbatelný.

Byl vybrán chladič *Q 120 typ 117.2* od firmy Polovodiče, a.s [5]. Rozměr profilu je 135x125mm a délka je 120mm. Výrobce udává tepelný odpor $R_{tSA}=0,155K/W$ při nuceném chlazení 6m/s.

Ventilátor byl vybrán *SUNON DP200A* [6]. Výrobce zaručuje průměrný průtok vzduchu 178m³/h, což je asi 3,5m/s.

Parametry vybraného chladiče a ventilátoru byly otestovány a jsou dostačující.

3 Nabíjecí část

3.1 Obecná charakteristika

Tato část má za úkol nabít baterii, což znamená dodat do baterie energii. Pokud se jedná o malé baterie (jednočláňkové) s malou kapacitou nebývá žádný problém. Pokud máme nabíjet baterie o větším počtu článků a s velkou kapacitou, nastává zde problém s koncepcí nabíječe. Pokud se pohybujeme ve výkonech stovek watů a navrhnutá koncepce by byla klasického typu, čili síťový transformátor a nějaký regulátor napětí, transformátor by dosahoval velkých rozměrů a hmotnosti a u regulátoru bychom měli problém s chlazením. V neposlední řadě účinnost tohoto zařízení není velká a to v dnešní době rostoucích cen energie je neekonomické. Proto se již v dnešní přechází z analogového režimu do spínacího. Spínaná elektronika má podstatně větší účinnost (80%), rozměry a hmotnost těchto zařízení jsou podstatně menší. Je to ekonomické, ale cena této elektroniky je stále ještě vyšší. Vyrábějí se celé spínané zdroje napětí, kde se síťové napětí o kmitočtu 50Hz usměrní a poté se elektronicky spíná na mnohem větší kmitočet (50kHz) a takto upravené napětí se transformuje na potřebné malé napětí přes transformátor, který ale při takovémto kmitočtu vychází mnohem menší a lehčí. Nebo se také vyrábějí zdroje, kde je použit klasický síťový transformátor a spínaný stabilizátor napětí. Tento zdroj je takový kompromis mezi vším. Transformátor má ztráty ve vinutí a v jádře, jeho účinnost je 80% – 90%, ale při velkých výkonech má velkou hmotnost a rozměr. Spínané stabilizátory se dělají i jako IO a nepotřebují řízení, pouze se doplní o tři hlavní prvky, cívka, kondenzátor a dioda. Jeho účinnost je kolem 80% (LM2576)[7].

Pokud srovnáme stabilizátor 78S05 (15Kč) a spínaný LM2576(45Kč) při napájení 12V, výstup. napětí 5V a proudovém odběru 2A, účinnost 78S05 je 41% a LM2576 je 77%. Zapojení s LM2576 je samozřejmě dražší, ale je účinnější a nemáme problém s chlazením. Pokud ale potřebujeme napětí pouze jako nějaký referenční zdroj, stabilizátor 78L05 je levný, spolehlivý, má jednoduché zapojení a je naprosto dostačující.

Když srovnáme tři typy zdrojů: Spínaný zdroj má účinnost 80%, zdroj s transformátorem a spínaným stabilizátorem má účinnost rovnou součinu účinností $0,8 \cdot 0,8 = 0,64\%$ a klasický zdroj má účinnost $0,8 \cdot 0,4 = 32\%$. Proto je potřeba vždy zvážit, které zapojení je právě pro danou situaci vhodné.

3.1.1 Nabíjecí charakteristiky

Je mnoho typů baterií a každá je určená na jiné využití, např. jedna je schopna dát velký proud po krátkou dobu a druhá zase malý proud po dobu dlouhou. Každá je jinak vyrobená a z jiného materiálu a proto také pro každou je vhodné jiné nabíjení.

Jsou tři základní nabíjecí charakteristiky:

I ... charakteristika konstantního proudu

U ... charakteristika konstantního napětí

W ... charakteristika klesající

Dále mohou být doplněny o následující indexy:

a ... automatické vypínání

o ... samočinné přepínání na jinou charakteristiku

Jejich kombinací vznikly další charakteristiky[1]. Při popisu nabíjecího režimu se používají uvedené zkratky v pořadí udávajícím časový průběh nabíjecího postupu.

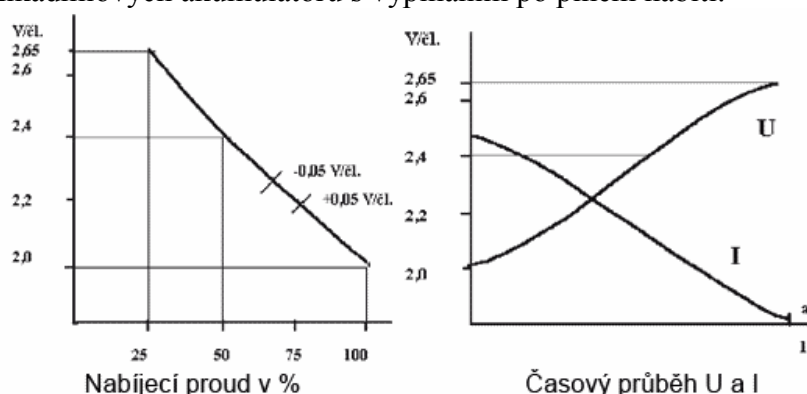
Nabíjení podle charakteristiky W, popř. Wa.

Během nabíjení při narůstajícím napětí proud stále klesá až na ustálenou hodnotu (konečný nabíjecí proud). Nabíjení se ukončuje ručně (W) nebo automaticky (Wa).

Nabíječe s touto charakteristikou většinou nejsou regulované, velikost výstupních parametrů je závislá na kolísání sítě střídavého napětí, a to tím více, čím je charakteristika strmější (až o $\pm 20\%$).

Příklady použití:

- nabíjení trakčních olověných baterií s vypínáním po plném nabití (většinou automaticky),
- nabíjení malých olověných akumulátorů a startovacích olověných baterií s vypínáním po plném nabití (většinou ručně),
- nabíjení nikl-kadmiových akumulátorů s vypínáním po plném nabití.



Obrázek 4. Nabíjecí charakteristika W

Nabíjení podle charakteristiky WoWa a WoW.

Nabíjí se ve dvou stupních s počátečním proudem vyšším než v předcházející charakteristice. Proud s rostoucím napětím baterie klesá, po dosažení plynovacího napětí je proud snížen, ale má opět klesající průběh. Nabíjení se ukončí buď po uplynutí nastaveného času ve fázi nabíjení, nebo po překročení plynovacího napětí ve druhé části nabíjení, nebo moderněji po dodání potřebného náboje (Ah).

Příklady použití:

- nabíjení olověných akumulátorů a vypínáním po plném nabití (většinou automaticky – WoWa). Tento způsob nabíjení umožňuje zkrátit dobu nabíjení oproti předešlé charakteristice,

- b) nabíjení olověných baterií bez automatického vypínání (WoW). Konečný nabíjecí proud nesmí být vyšší než $0,025 C_5$ (A) a může procházet nejvýše dva dny. Tento způsob je vhodný pro vyrovnávací nabíjení po dobu dnů pracovního volna.

Nabíjení podle charakteristiky U

Nabíjení začíná s vysokým počátečním proudem, který poklesne v průběhu nabíjení na nižší hodnoty. Vysoký počáteční proud způsobí rychlé ohřátí elektrolytu, které opět poklesne s klesajícím proudem. Plynovací napětí nesmí být překročeno o více než 1%. Tento způsob nabíjení umožňuje nabíjet více baterií stejného druhu o stejném jmenovitém napětí v paralelním zapojení, pokud jsou v dobrém stavu a nevyžadují individuální ošetření. Nabíjecí zařízení musí mít velký výkon a přesnou regulaci napětí.

Příklady použití:

- Nabíjení olověných akumulátorů. Konstantní nabíjecí napětí $U = 2,40$ a $2,45$ V / článek. Počáteční nabíjecí proud $0,6$ až $1,2$ C podle druhu baterie.
- Nabíjení NiCd akumulátorů. Konstantní nabíjecí napětí $U = 1,65$ až $1,72$ V / článek. Počáteční nabíjecí proud $0,4$ až $0,6$ C.

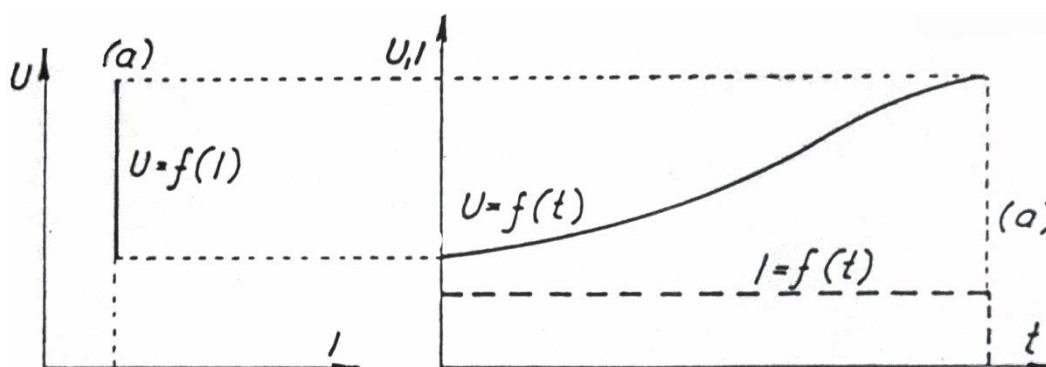
Nabíjení podle charakteristiky I, popř. Ia.

Nabíjí se od počátku do konce konstantním proudem a vypíná se ručně (I) nebo automaticky (Ia).

Příklady použití:

- nabíjení malých olověných akumulátorů, nabíjení akumulátorů pro definované zkoušky, uvádění do činnosti startovacích olověných akumulátorů z centrálního rozvodu stejnosměrného proudu s regulací v jednotlivých větvích (regulace se většinou vypíná ručně),
- nabíjení niklkadmiových akumulátorů (nabíjecí proud je omezen teplotou elektrolytu),
- nabíjení a uvádění do činnosti stříbrozinkových akumulátorů (regulace je ruční nebo automatická s vypnutím při dosažení konečného nabíjecího napětí).

Nabíjení může být ukončeno buď po uplynutí nastaveného času, při dosažení určité hladiny napětí nebo po dodání požadované velikosti náboje (Ah).



Obrázek 5. Nabíjecí charakteristika I

Nabíjení podle charakteristiky IU nebo WU.

Nabíjí se ve dvou úsecích. V prvním úseku se nabíjí velkým, avšak omezeným proudem konstantní hodnoty nebo s mírně klesající charakteristikou. Ve druhém úseku se nabíjí s konstantním plynovacím napětím. Tento způsob umožňuje nabíjet více baterií o stejném jmenovitém napětí v paralelním zapojení. Nezáleží na stavu vybití a jejich jmenovité kapacitě. Od předešlé nabíjecí charakteristiky se liší omezením maximálního proudu, nevyžaduje tedy nabíjecí zařízení tak velkého výkonu.

Nabíjení podle charakteristiky IUW.

Nabíjení je shodné s předešlou charakteristikou. Avšak ke konci nabíjení se zvyšuje napětí pro zkrácení nabíjecí doby. Zde je nutné dodržet, aby konečný nabíjecí proud nebyl větší než $0,02 C_5$ (A).

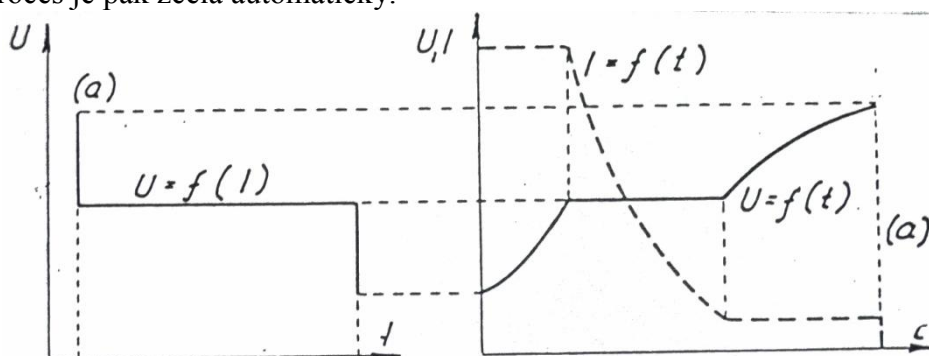
Nabíjení podle charakteristiky IUla.

Nabíjí se ve třech stupních. V prvním stupni se baterie nabíjí konstantním proudem až do plynovacího napětí. Ve druhém stupni, při konstantním plynovacím napětí, klesá proud. Ve třetím stupni se nabíjí konstantním proudem při rostoucím napětí až do úplného nabití. Nabíjení se ukončí buď po uplynutí nastaveného času ve třetí fázi nabíjení (např. za 3 hodiny), nebo moderněji po dodání potřebného náboje (A·h).

Tento způsob nabíjení se používá k nabíjení olověných trakčních baterií v co možná nejkratším čase. Přípustný nabíjecí proud třetího úseku je $I = 0,05 C_5$ (A).

Nabízí možnost teplotní kompenzace hladiny plynovacího napětí, kdy hladina plynovacího napětí se mění v závislosti na teplotě baterie, což vede k šetrnějšímu nabíjení zejména v extrémních podmínkách. Teplotní čidlo je možné využít také při poruše baterie, např. při zkratu jednoho či více článků, kdy se indikuje nadměrný ohřev a na základě toho se omezí nabíjecí proud nebo přeruší nabíjecí proces.

Dále je možné využít automatické doplňování destilované vody v průběhu nabíjení. K tomu slouží speciální zátky s uzavíráním přívodu vody po zvýšení hladiny nad určenou mez. Nabíjecí proces je pak zcela automatický.



Obrázek 6. Nabíjecí charakteristika IUla

Nabíjení podle charakteristiky IU₀U - nabíjení staničních baterií.

Nabíjí se ve třech úsecích. V prvním úseku se nabíjí velkým, ovšem omezeným proudem konstantní hodnoty, ve druhém konstantním napětím. Ve třetím úseku se po dostatečném stupni nabití sníží napětí na udržovací hodnotu, zpravidla kompenzovanou teplotou. Tento způsob nabíjení umožňuje v co nejkratším čase po výpadku napájení dobít baterii na plnou kapacitu. Nabíjení často probíhá při paralelním odběru zálohovaného zařízení.

Obecně platnou a často velmi opomíjenou skutečností teplotní závislost plynovacího napětí. Pro olověné baterie je známou hodnotou plynovacího napětí 2,4V/článek. Tato hodnota platí pro 20°C (resp. 25°C) - záleží na jednotlivých výrobcích baterií, kterou hodnotu udávají. Teplotní závislost této hodnoty je cca -4mV/°C. Projevuje se to např. při velké teplotě, kdy nabíječka, která nemá teplotní kompenzaci „dokáže“ baterii významně přehřát až zničit („splášený cyklus“). Naopak při teplotách pod bodem mrazu dochází k nedobíjení baterie, neboť nastavená hodnota plynování je pod skutečnou hodnotou potřebného napětí. Praktickým příkladem jsou problémy zejména starších automobilů v zimních měsících.

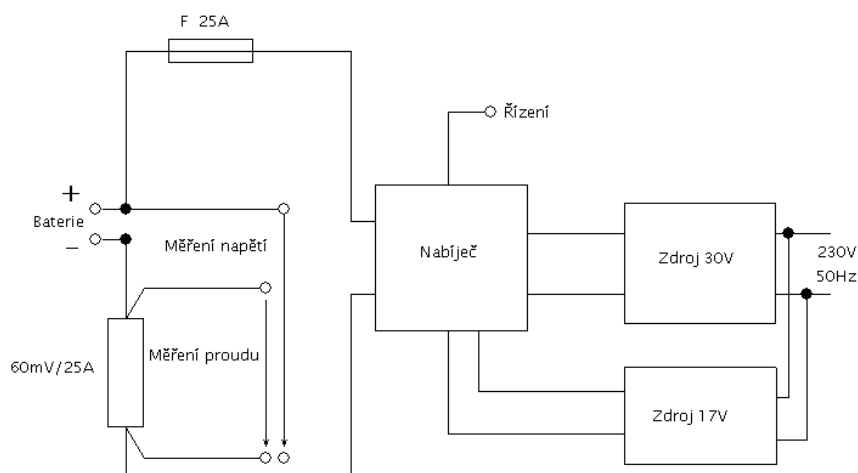
Z výše uvedených důvodů je nutné volit nabíječ s možností přesných korekcí plynovacího napětí, optimálně i s možností korekce nabíjecího procesu. Doporučená charakteristika nabíječe je IU1a. Zdroj by měl být regulovaný, procesorem řízený a kromě teplotní korekce vybaven též kompenzací úbytku napětí na vodičích k baterii.

O teplotní kompenzaci zde pak platí, že nabíjecí proud je nabíječem korigován nejen podle teploty baterií, ale též vzhledem k teplotě okolního prostředí (místnosti)[1].

Dále je třeba si uvědomit obecnou platnost, že při zvýšení teploty o 10 °C, probíhá chemický proces 2x rychleji. Úměrně k tomu dochází ke zkracování životnosti baterie – i když je vše jinak v pořádku.

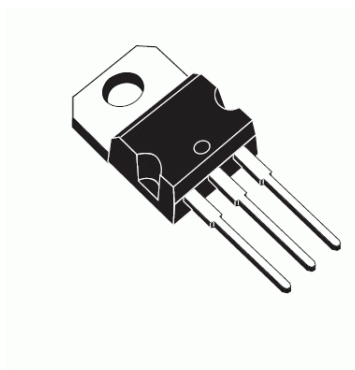
3.2 Návrh zapojení a výběr prvků

Zapojení nabíjecí části bylo navrženo principiálně jako zdroj se spínaným stabilizátorem, ale nebyl použit klasický transformátor, ale místo něho byl použit spínaný zdroj. Je použit z toho důvodu, že je lehčí a má menší rozměry. Dále je zde použit spínací tranzistor, který bude řízen z řídicí jednotky, a dále je použita cívka s kondenzátorem a diodou jako u spínaného stabilizátoru dle zapojení. Samozřejmě je zde použita ochranná pojistka a bočník na snímání proudu.

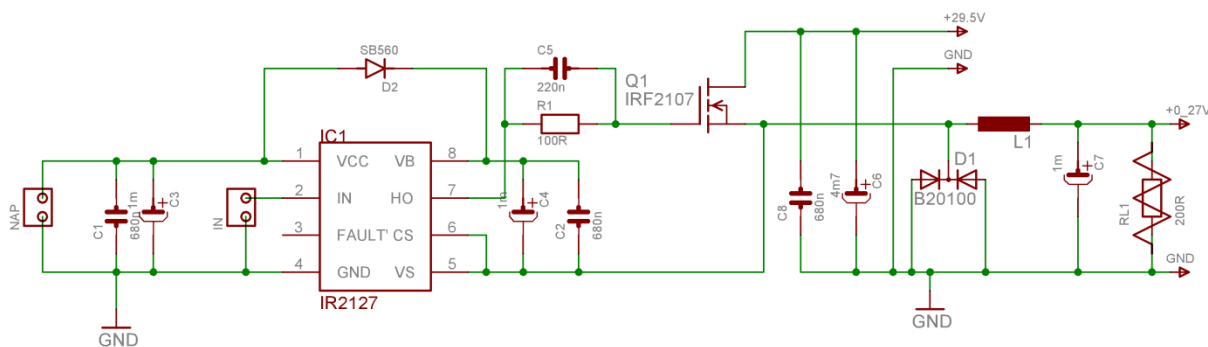


Obrázek 7. Schéma zapojení nabíjecí části

Vybraný zdroj je 24V 12.5A (300W) [8]. Prodejce udává nastavení výstupního napětí v rozsahu $\pm 10\%$ pomocí trimru, při změně hodnoty děliče pro zpětnou vazbu bylo napětí nastaveno na 29,5V. Tranzistor byl vybrán IRF2804 [9]. Je to HEXFET Power MOSFET s kanálem N v pouzdru TO-220 a má parametry $V_{DS}40V$, $I_D=80A$ a $R_{DS(on)}=2m\Omega$. Dioda byla zvolena MBR20100CT s parametry 20A, 100V v pouzdru TO-220 [10]. Bočník byl zvolen 60mV na proud 25A . Pojistka byla vybrána PNB000 25A gG od firmy OEZ.



Obrázek 8. Pouzdro TO-220



Obrázek 9. Schéma Nabíječe

Výpočet prvků:

$$L = \frac{\left(1 - \frac{V_{out}}{V_{in}}\right)}{F_s \cdot \Delta I} \cdot V_{out} = \frac{\left(1 - \frac{25}{29}\right)}{62k \cdot 1} \cdot 25 = 55,6 \mu H \quad (3.1)$$

Cívka byla zvolena 30μH na 20A z důvodu dostupnosti.

$$C7 \geq \frac{\Delta I_{inductor}}{8 \cdot F_s \cdot \Delta V_{out}} = \frac{1}{8 \cdot 62k \cdot 0,1} = 20 \mu F \quad (3.2)$$

Výstupní kondenzátor (C7) byl zvolen větší 1000μF/50V z důvodu lepšího vyhlazení.

Pro lepší buzení spínacího tranzistoru byl zvolen budič IR2127. Vstupní úrovně jsou pro log. „0“ max. 0,3V a pro log. „1“ min. 3V, což jsou logické úrovně procesoru. Je to horní spínač a umožňuje spínání tranzistoru s kanálem typu N.

Výpočet chladiče:

$$P_{ON} = R_{DS(on)} \cdot I_{max}^2 = 0,002 \cdot 25^2 = 1,25W \dots \text{ Výkon při sepnutém stavu} \quad (3.3)$$

$$P_{OFF} = U \cdot I_{DSS}^2 = 30 \cdot 250 \cdot 10^{-6} = 7,5mW \dots \text{ Výkon při rozepnutém stavu} \quad (3.4)$$

Ztráty při spínání jsou uvažovány největší, když tranzistor přechází z rozepnutého stavu do sepnutého a naopak. Uvažuje poloviční napětí a poloviční proud.

$$E_{spin} = P \cdot t = \frac{\frac{30}{2} \cdot \frac{20}{2}}{2} \cdot 133 \cdot 10^{-9} = 10 \mu W \cdot s \dots \text{ Energetické ztráty při spínání} \quad (3.5)$$

Celkové ztráty jsou počítány jako součet ztrát při dvou sepnutích, ztráty při sepnutém stavu a rozepnutém stavu při střídě 98%.

$$P_{ztr} = \frac{1}{T} \cdot P_{spin} + P_{ON} \cdot 0,98 \cdot T + P_{OFF} \cdot 0,02 \cdot T =$$

$$= \frac{1}{16\mu} \cdot 10\mu + 1,25 \cdot 0,98 \cdot 16\mu + 7,5m \cdot 0,02 \cdot 16\mu = 2,47W \quad \dots \text{Ztrátový výkon} \quad (3.6)$$

S rezervou se chladič bude dimenzovat na 5W.

Výpočet chladiče:

$R_{JC} = 0,45K/W$ max. tepelný odpor čip \rightarrow pouzdro

$R_{CS} = 0,5K/W$ typ. tepelný odpor pouzdro \rightarrow chladič (při použití kontaktní vazelíny)

$R_{SA} = ?$ max. tepelný odpor chladič \rightarrow okolní vzduch

$T_J = 175^\circ C$ max. teplota čipu

$T_A = 35^\circ C$ max. teplota okolního vzduchu

$$P_{max} = \frac{P_J - T_A}{R_{JA}} \Rightarrow R_{JA} = \frac{P_J - T_A}{P_{max}} = \frac{75 - 35}{5} = \underline{\underline{28K/W}} \quad (3.7)$$

Max. tepelný odpor, je součet dílčích tep. odporů:

$$R_{JA} = R_{JC} + R_{CS} + R_{SA} = 28K/W \quad \dots \text{Max. tepelný odpor čip} \rightarrow \text{vzduch} \quad (3.8)$$

Vypočítáme tepelný odpor chladič \rightarrow vzduch:

$$R_{SA} = R_{JA} - R_{JC} - R_{CS} = 28 - 0,45 - 0,5 = \underline{\underline{27,05K/W}} \quad (3.9)$$

Bude použit chladič V4554D [12], kde výrobce udává 6K/W. Spínání není ideální, ale chladič je předimenzován a tranzistor bude umístěn v místě přívodu vzduchu k ventilátoru, tudíž bude zajištěno aktivní chlazení.

4 Řídicí část

4.1 Obecná charakteristika

Řídicí část je jednotka, která monitoruje všechny potřebné elektrické i neelektrické veličiny. Na základě změřených a zadaných parametrů provádí všechny potřebné operace.

Obvykle jednotka měří napětí na svorkách, protékající proud, teplotu chladiče nebo i teplotu v místnosti. Jednotka řídí, jestli se bude nabíjet nebo vybíjet a podle toho sepne určitou část. Podle naměřené teploty může řídit nebo alespoň spínat ventilátor. Potřebné informace zobrazuje nejčastěji na znakový LCD a ovládá se pomocí několika tlačítek. Může mít i nějaké komunikační rozhraní (např. USB, RS-232) a vše potřebné, jako zobrazování hodnot a ovládání, bude provádět pomocí PC.

Řídicí jednotka může obsahovat různé ochranné obvody, převodníky, děliče, zesilovače, informační prvky pro servis, ale každá musí obsahovat procesor. Tento prvek je nejdůležitější na celém zařízení. Ten vše vyhodnocuje a řídí na základě zpracovaného programu a podle toho, co umí, se posuzuje technická vyspělost zařízení.

4.2 Návrh zapojení, výběr a výpočet prvků

Schéma řídicí desky (viz. příloha A) je již složitější a skládá se z několika bloků.

Procesor

Procesor byl vybrán AT90USB1287 [11]. Má velké množství portů, 10ti-bitový AD převodník, až 16ti-bitový čítač/časovač pro režim PWM, má ISP (In System Programming) pro sériové programování a další, ale hlavně má USB controller ve standardu HID.

Hodinový kmitočet pro procesor byl zvolen z externího krystalu, který je 16MHz. U krystalu jsou zapojeny standardně dva kondenzátory dle zapojení výrobce. Vstup RESET je zapojen na RC dělič, který po zapnutí napájení drží procesor ve stavu RESET. Až se napětí ustálí, procesor opustí stav RESET. K procesoru je připojen konektor „Programování“, který umožňuje přeprogramovat procesor v aplikaci a je zapojen dle výrobce programátoru. Dle doporučení je na PIN-7 (UCAP) zapojen kondenzátor 1μF. K procesoru je ještě připojen konektor pro připojení USB a komunikaci s PC. Je zapojen dle výrobce procesoru.

Napájení

Celá deska je napájena z externího modulu spínaného zdroje 17V/1A. Toto napětí je již stabilizováno na řídicí desce stabilizátorem 78S05 na 5V. Tento stabilizátor je určen na maximálního proud 2A, což stačí s velkou rezervou na celý odběr desky. Stabilizátor bude opatřen malým chladičem (21K/W). Je použito doporučené zapojení dle výrobce.

Měření napětí

Měřené napětí je na desce přivedeno pouze na dělič napětí, který hodnotu zmenší, aby nepřesáhla referenční úroveň (V_{cc}) AD převodníku.

$$A = \frac{V_{ref}}{V_{inmax}} = \frac{5}{30} = \frac{1}{6} \dots \text{dělicí poměr} \quad (4.1)$$

Odpor R4 byl zvolen 1,5kΩ a hodnota trimru musí být 5x větší, tzn. 7,5kΩ. Bude zvolen trimr o hodnotě 10kΩ a přesně nastaven.

Měření proudu

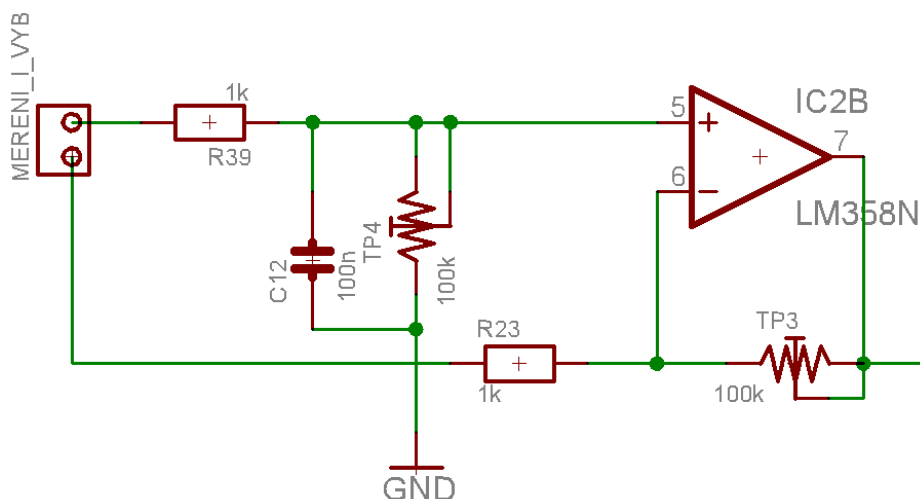
Měřený proud je úměrný hodnotě napětí změřené na bočníku. Tato hodnota je maximálně 60mV a tato hodnota se naopak zvětší na referenční napětí. Hodnota je vynásobena na diferenciálním zesilovači.

$$A = \frac{V_{ref}}{V_{inmax}} = \frac{5}{60 \cdot 10^{-3}} = 83.33 \dots \text{zisk neinvert. zesilovače} \quad (4.2)$$

Zisk je určen dvojicí odporů, trimrem TP3(TP4) a odporem R23(R39). R23 byl zvolen 1kΩ.

$$A = \frac{TP3 + R23}{R23} \Rightarrow TP3 = \left(A \cdot R23 \right) - R23 = \left(3,33 \cdot 1 \cdot 10^3 \right) - 1 \cdot 10^3 = 82,33k\Omega \quad (4.3)$$

TP3 byl zvolen 100kΩ a bude přesně nastaven na 82,33kΩ.



Obrázek 10. Schéma zapojení měření proudu

Řízení nabíjení

Řídící pulsy jdou pouze přes odpor 1kΩ na výstupní svorku a dále do budiče. Na výstup tohoto řídicího obvodu je ještě zapojen tranzistor, aby bylo možné vybíjení kdykoliv zablokovat.

Řízení vybíjení

Tento blok má za úkol řídit tranzistor pro vybíjení. Pro daný max. vybíjecí proud je řídicí napětí cca 5V. Tranzistor se ale otevírá až od cca 3,5V. Pro jemnější regulaci je tedy sčítáno pevně nastavená reference cca 3,5V a řídicí napětí cca 0...2V. Při nastavování reference i řídicího napětí se musí počítat s teplotní závislostí řídicího napětí tranzistoru.

Procesor reguluje obdélníkový průběh pomocí PWM. Tento obdélníkový průběh se musí převést na analogovou hodnotu. To mají za úkol dva kaskádně zapojené RC články, na které přivádí signál tranzistorový spínač spínaný procesorem. RC články převedou obdélníkový průběh na střední hodnotu – 0...5V. Ta je impedančně oddělena přes OZ a vydělena na požadovaný rozsah řídicího napětí – 0...2V. Tato hodnota je opět impedančně oddělena a poté sečtena s již zmíněnou referencí 3,5V. Na výstup tohoto řídicího obvodu je ještě zapojen tranzistor, aby bylo možné vybíjení kdykoliv zablokovat.

Měření teploty

K měření teploty bylo využito čidlo LM335. Toto čidlo má jednu výhodu, ale i nevýhodu. Výhodou je, že jeho závislost je lineární. Nevýhodou je, že závislost 10mV/K je poměrně malá a nejde od nuly, tj při 25°C je na ní hodnota napětí 2,98V. Proto je navrženo zapojení, které tyto nedostatky odstraní.

Čidlo se zapojuje jako dioda v závěrném směru. Jeden nedostatek (nejde od nuly) se odstraní odečtením stejné hodnoty napětí rozdílový zesilovačem. A druhý (malý výstupní rozsah) se odstraní daným zesílením tohoto zesilovače. To je určeno požadovaným rozsahem teplot a maximálního výstupního napětí pro měření teploty (reference ADC). Tím je zaručena lineární závislost, libovolný rozsah měření teploty s co nejpřesnějším měřením.

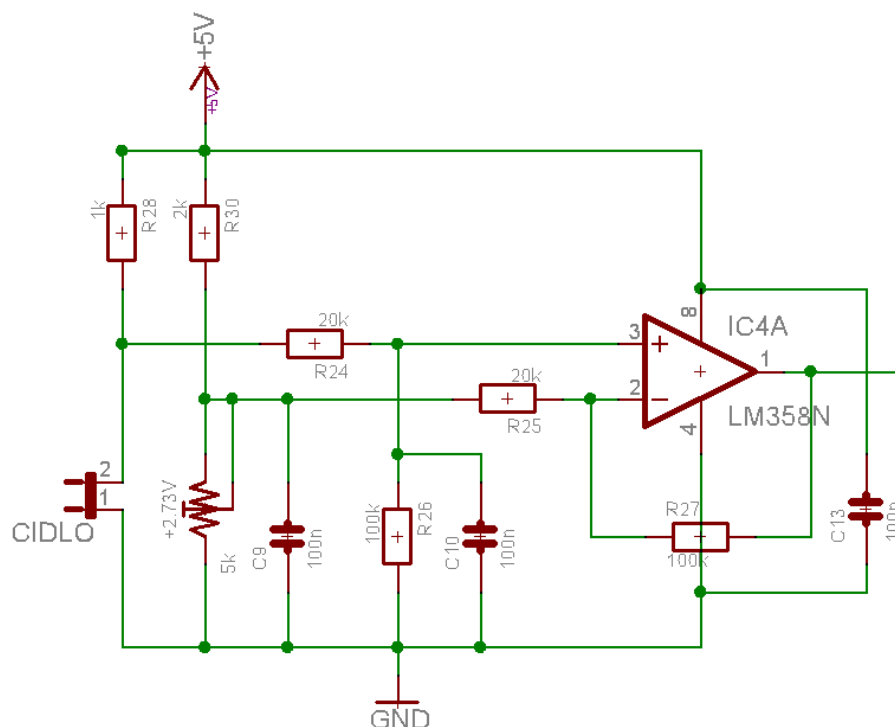
$$R_{28} = \frac{U_{cc} - U_{\dot{C}}}{I} = \frac{5 - 2,93}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,035 k\Omega \quad (4.10)$$

$$U_{\dot{C}_{\min}} = 2,73V \dots \text{při } 0^{\circ}C, \quad U_{\dot{C}_{\max}} = 3,73V \dots \text{při } 100^{\circ}C$$

$$I_{\max} = \frac{U_{cc} - U_{\dot{C}_{\min}}}{R_{28}} = \frac{5 - 2,73}{1 \cdot 10^3} = 2,27 mA \quad (4.11)$$

$$I_{\min} = \frac{U_{cc} - U_{\dot{C}_{\max}}}{R_{28}} = \frac{5 - 3,73}{1 \cdot 10^3} = 1,27 mA \quad (4.12)$$

Pracovní oblast proudu čidla je od 400μA do 5mA, což by se nemělo překročit.



Obrázek 12. Schéma zapojení měření teploty

LCD a tlačítka

LCD bude používat 4-bitovou komunikaci, tzn. bude používat 4 datové vodiče. Dále budou zapojeny 3 řídicí vodiče, jeden vodič na nastavení kontrastu a napájení.

Tlačítka jsou zapojeny klasicky do série s odporem, který je zapojen na +5V. Pro stisk tlačítka bude procesor testovat na vstupních pinech log. „0“.

Spínací

V tomto bloku je použit tranzistor pro spínání. Tranzistor spíná relé, které přepíná vstupně/výstupní svorky na nabíječ nebo na zátěž. Na spínací svorky je zapojena ochranná dioda, protože při rozpínání cívky relé vznikají záporné napěťové špičky.

4.3 Řídicí program

Řídicí program je jedna z nejdůležitějších částí nabíječky.

Nejdříve se vybere činnost zařízení (nabíjení/vybíjení). Dále se zvolí potřebné parametry této činnosti. Při nabíjení se zvolí napětí, na které má být baterie nabita a maximální proud, kterým má být nabíjena. Charakteristika nabíjení je IU. Při vybíjení se zvolí napětí, na které má být baterie vybita a proud, kterým bude vybíjena. Charakteristika vybíjení je IUa. Dále se ještě zvolí program vybíjení. Program „0“ vybíjí baterii daným proudem až na nastavené napětí. Jakmile napětí klesne pod nastavenou mez, vybíjení se ukončí. U programu „1“ je ten rozdíl, že jakmile klesne napětí pod nastavenou mez, bude se snižovat proud. A pokud klesne proud pod hodnotu 1/20 nastavené hodnoty, program se ukončí.

Během činnosti zařízení se na LCD zobrazuje činnost, ve které se zařízení nachází („Na“/„Vy“). Dále jsou zobrazeny nastavené parametry (napětí a proud) a aktuální měřené veličiny (napětí, proud a při vybíjení i teplota). Aby byla regulace co nejrychlejší a nezavádělo se do programu velké zpoždění, tak je zobrazován průměr z každých 15-ti hodnot. U měření napětí je ještě provedena korekce úbytku napětí na vodičích. Zobrazen je také čas nabíjení/vybíjení a kapacita dodaná/odebraná z baterie. Dále je během vybíjení hlídána teplota. Při překročení nastavených mezí se snižuje výkon a při překročení 80°C se zařízení vypne.

Po skončení programu se na LCD zobrazí výsledky (čas a kapacita).

5 Parametry zařízení

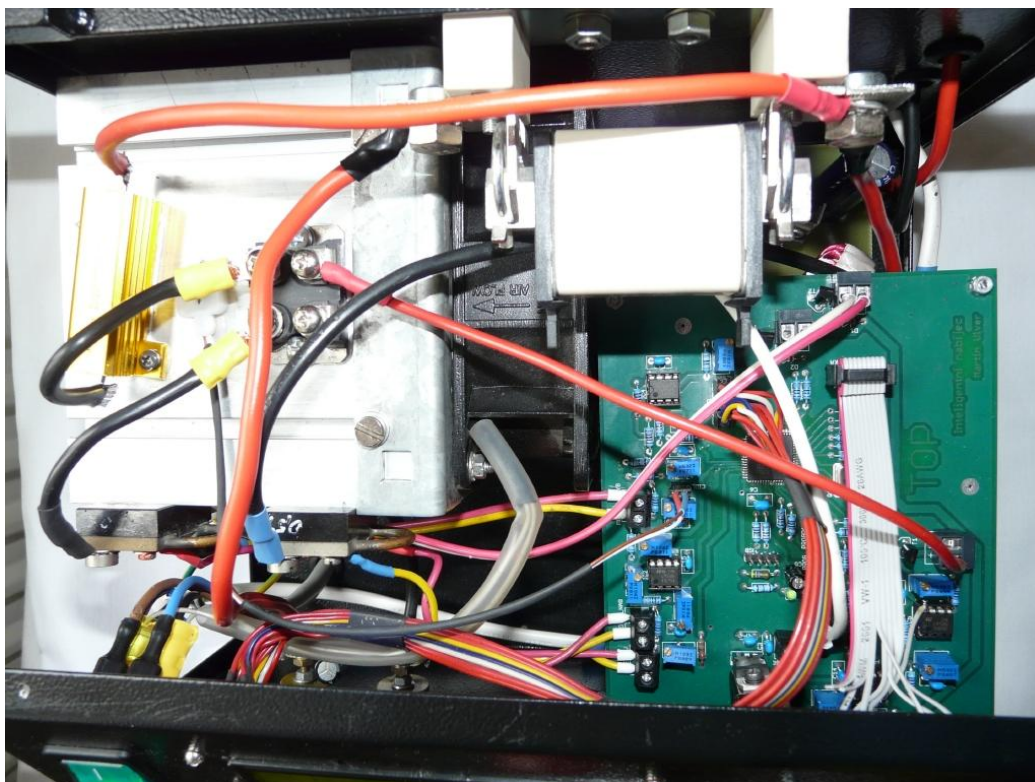
5.1 Technická data

Napájení	~230V/50Hz
Rozměr (š x h x v)	280 x 280 x 200 mm
Hmotnost	8 kg
Max. napětí	27 V
Max. proud	20 A
Max. výkon	250 W
Krok nastavení napětí	0,1 V
Krok nastavení proudu	0,1 A

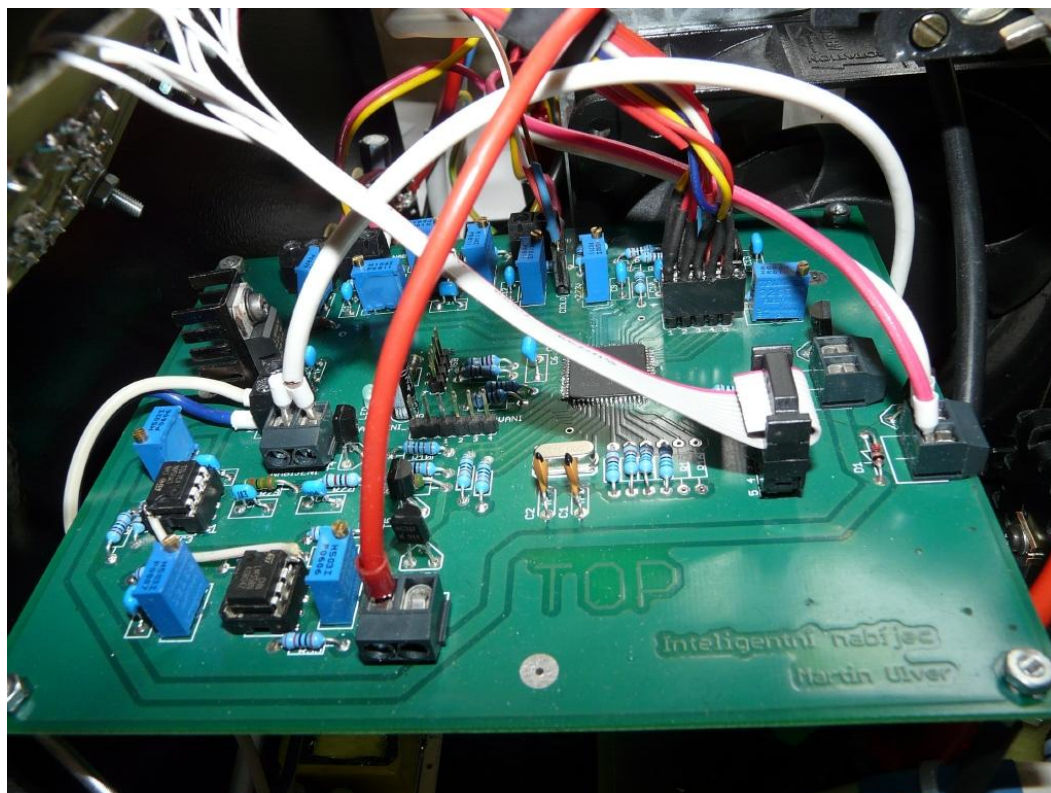
5.2 Vzhled zařízení



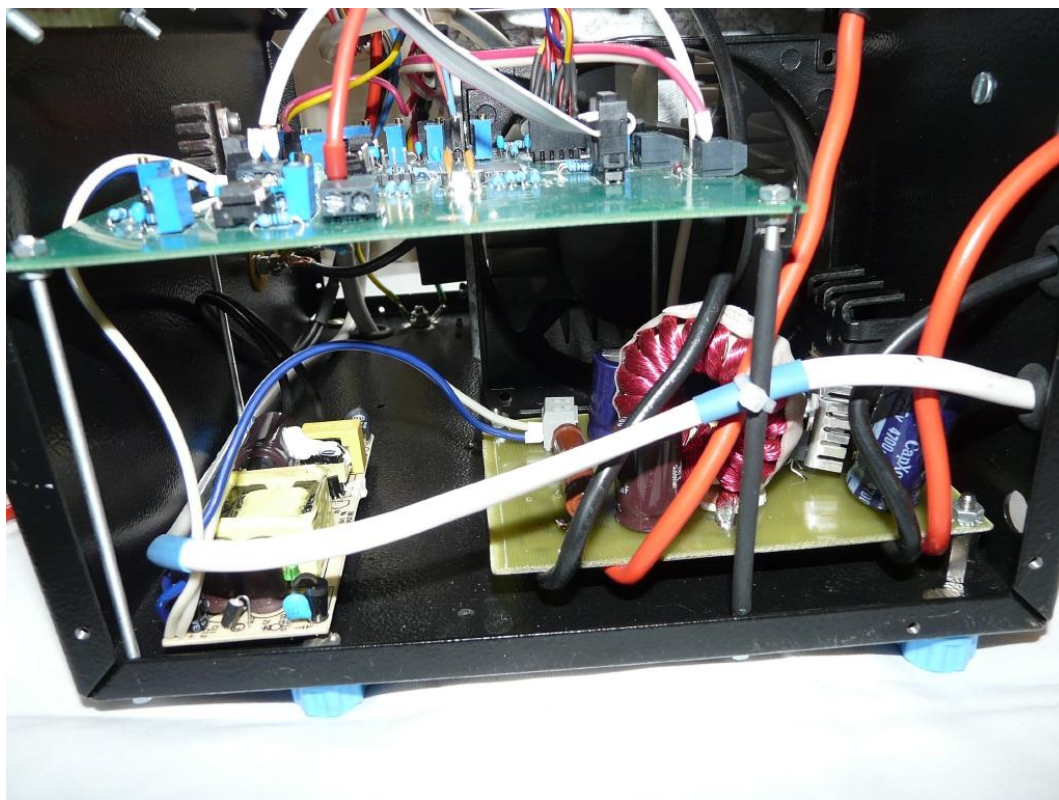
Obrázek 13. Pohled na celé zařízení



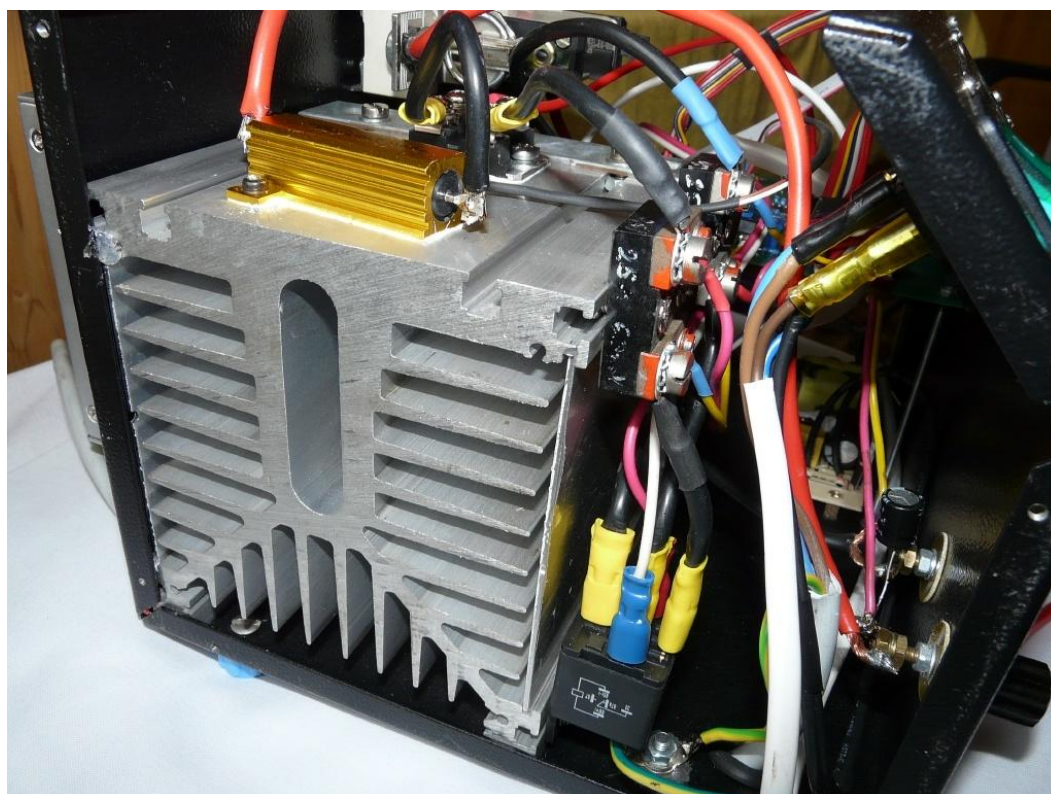
Obrázek 14. Pohled shora



Obrázek 15. Pohled na řídicí desku



Obrázek 16. Pohled na nabíječ a napájecí zdroj 17V



Obrázek 17. Pohled na vybíjecí část, bočníky, výstupní svorky

5.3 Ovládání, zobrazování

Popis tlačítek:



Ukázka zobrazování údajů:



Obrázek 18. Ukázka výpisu displeje

Na první řádce je napsána činnost zařízení „Na“, „Vy“ (Nabíjení/Vybíjení), poté nastavené hodnoty a čas, po který je zařízení v činnosti. Na druhém řádku je při vybíjení vypsána teplota, dále aktuální hodnoty napětí a proudu a přenesená kapacita.

5.4 Naměřené hodnoty

Použité měřicí přístroje:

V-metr: RANGE RE330FC v.č. 20164907

A-metr: FINEST 135CLAMP METER , v.č. 050305633

Osciloskop: OWON HDS2062M , v.č. W20620816152

IR teploměr: FKIR-360 , v.č. 09074163

K testování zařízení byly použity již vyřazené staniční baterie 6V/80Ah.

5.4.1 Vybíjení

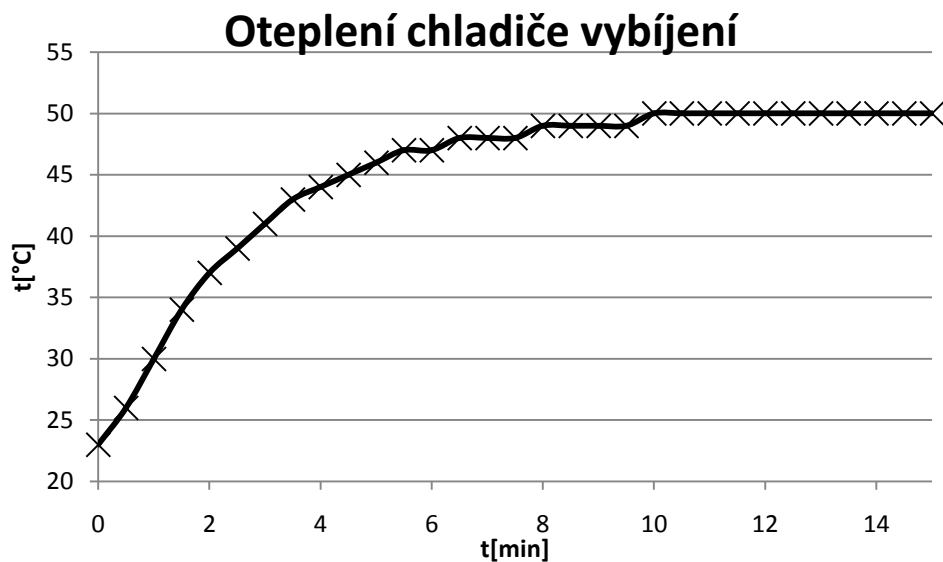
Parametry vybíjení: $U=12V$, $I=20A$

Napětí i proud neobsahují střídavou složku, jsou konstantní.

Řídící napětí tranzistoru: při $23^{\circ}C$ $U_{\text{ř}}=4,56V$

při $50^{\circ}C$ $U_{\text{ř}}=4,40V$

Průběhy oteplení



Obrázek 19. Graf oteplení při vybíjení

Teplota byla měřena integrovaným čidlem LM335 a ustálila se na hodnotě $50^{\circ}C$.

Ověření dimenzování chladiče:

$$R_{tJC} = 0,26 K/W \dots \text{max. tepelný odpor čip} \rightarrow \text{pouzdro}$$

$$R_{tCS} = 0,05 K/W \dots \text{typ. tepelný odpor pouzdro} \rightarrow \text{chladič (při použití kontaktní vazelíny)}$$

$$T_J = 150^\circ C \dots \text{max. teplota čipu}$$

$$T_S = 50^\circ C \dots \text{teplota chladiče}$$

$$P_T = U \cdot I - R \cdot I^2 = 12 \cdot 20 - 0,15 \cdot 20^2 = \underline{\underline{180W}} \dots \text{Ztrátový výkon na tranzistoru} \quad (5.1)$$

$$R_{tJS} = R_{tJC} + R_{tCS} = 0,31 K/W \dots \text{tepelný odpor chladič} \rightarrow \text{čip} \quad (5.2)$$

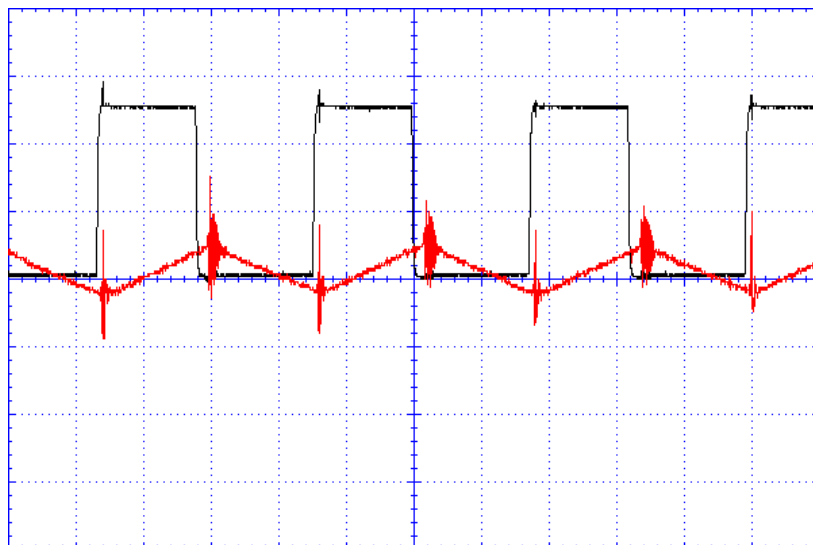
$$T_J = R_{tJS} \cdot P_T + T_S = 0,31 \cdot 180 + 50 = \underline{\underline{105,8^\circ C}} \dots \text{teplota na čipu} \quad (5.3)$$

Vypočtená teplota na čipu je $105,8^\circ C$ a maximální dovolená teplota je $150^\circ C$.

Chlazení je dostačující.

5.4.2 Nabíjení

Řídící pulsy a střídavá složka výstupního napětí: $U_{out}=13V$, $I_{out}=10A$



Měřítka: $5\mu s/\text{dílek}$

U_f — $2V/\text{dílek}$

U_{out} — $200mV/\text{dílek}$

Obrázek 20. Řídící pulsy a střídavá složka výstupního napětí

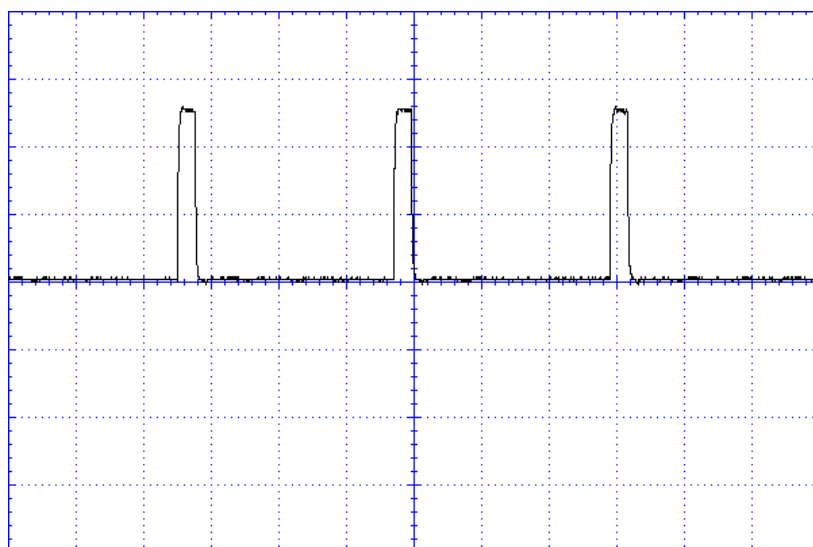
Změřená frekvence: $62,51kHz$.

Výstupní napětí U_{out} bylo měřeno na výstupních svorkách zařízení.

Řídící pulsy byly měřeny na výstupní svorce řídicí desky.

Výstupní proud má střídavou složku cca $1A$. Tato nepřesná regulace je způsobena pouze 8-bitovým PWM převodníkem. Více bitový převodník nelze použít z důvodu dosažení frekvence $62,5kHz$.

Řídící pulsy při výstupu naprázdno ($U_{out}=14V$):

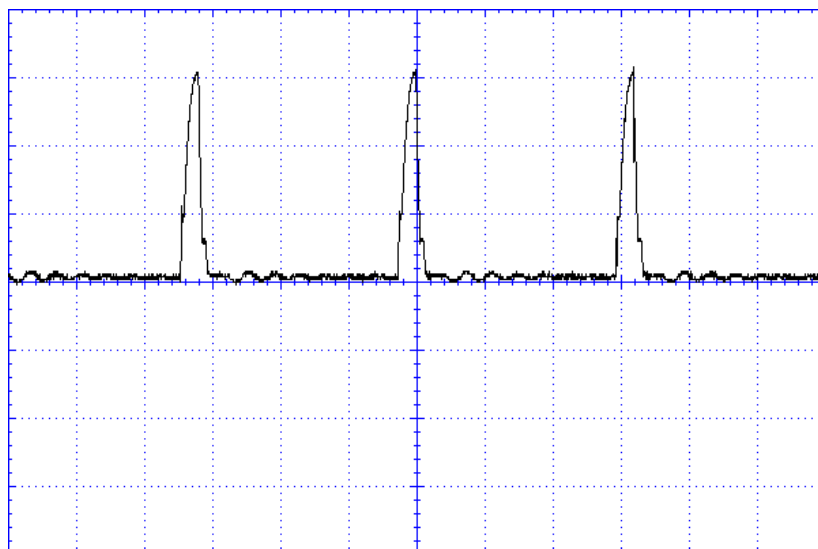


Měřítka: $5\mu s/\text{dílek}$

$2V/\text{dílek}$

Obrázek 21. Řídící pulsy při výstupu naprázdno

Řídící pulsy při výstupu naprázdno na GATu (U_{GS}) tranzistoru ($U_{out}=14V$):

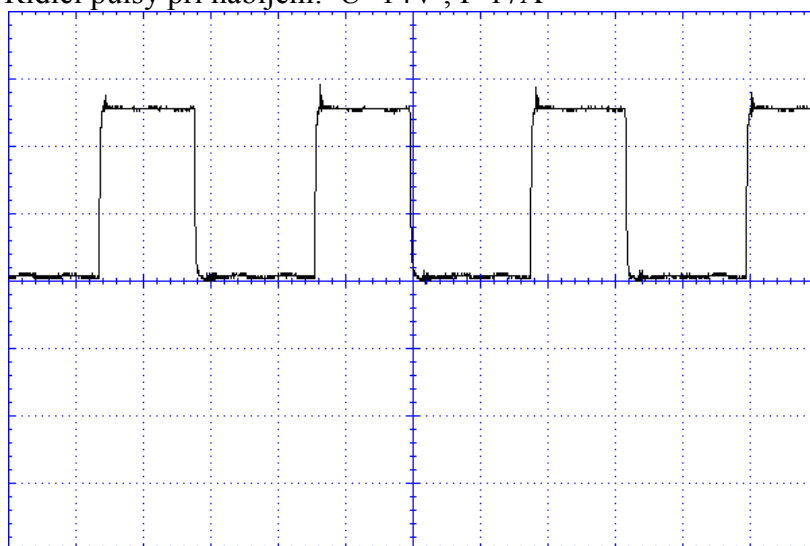


Měřítka: $5\mu s/\text{dílek}$

$5V/\text{dílek}$

Obrázek 22. Řídící pulsy při výstupu naprázdno na GATu tranzistoru

Řídící pulsy při nabíjení: $U=14V$, $I=17A$

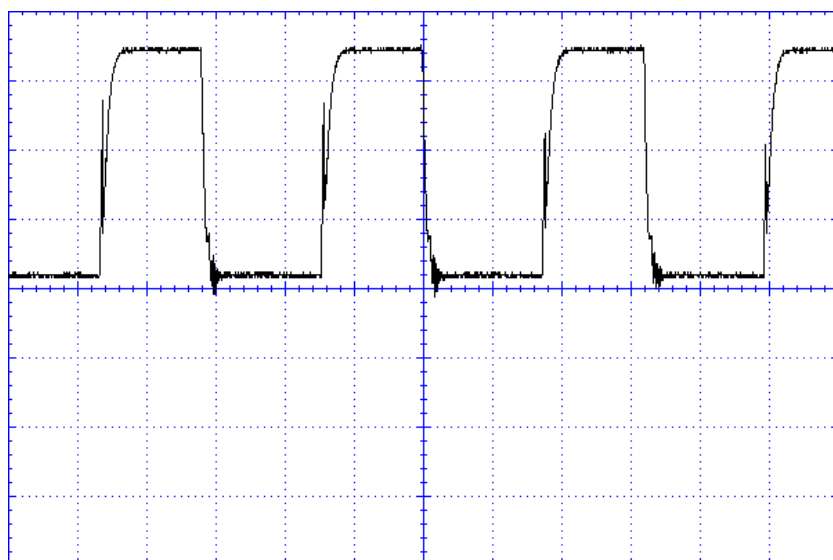


Měřítka: $5\mu s/\text{dílek}$

$2V/\text{dílek}$

Obrázek 23. Řídící pulsy při nabíjení

Řídící pulsy při nabíjení na GATu (U_{GS}) tranzistoru:

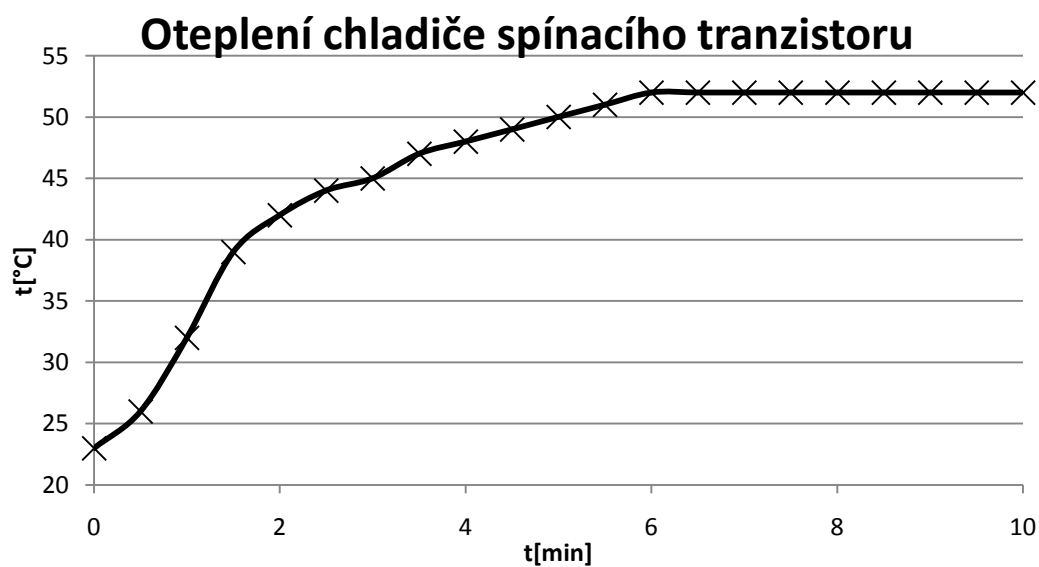


Měřitko: 5μs/dílek

5V/dílek

Obrázek 24. Řídící pulsy při nabíjení na GATu tranzistoru

Oteplení měřeno při nabíjení $U_{OUT}=14V$, $I=17A$.



Obrázek 25. Graf oteplení při nabíjení

Teplota byla měřena IR teploměrem FKIR-360 a ustálila se na hodnotě 52°C.

Teplota chladiče diody byla shodná se spínacím tranzistorem.

6 Závěr

V bakalářské práci byla navrhována celková koncepce inteligentního nabíječe. Byly vybrány konkrétní prvky a vypočteny hodnoty ostatních prvků. Nabíječ má poměrně velký rozsah parametrů (napětí a proudů). Obslužný program procesoru umožňuje nabíjení i vybíjení a tudíž se stává univerzálním. Umožňuje zvolení širokého rozsahu napětí i kapacit.

Zařízení bylo otestováno několika cykly nabití a vybití baterie. Lze jej použít pro regeneraci baterií a je plně funkční pro použití s kvalifikovanou obsluhou v širokém spektru.

Literatura

- [1] Cenek,M; Jindra.J a kol.*Akumulátory od principu k prax*.Praha:FCC Public.2003.248s.ISBN 80-86534-03-0
- [2] Eximus CS *nabídka bočníků* [online]. [cit. 2009-10-27]
Dostupné z URL: <http://www.eximus.cz/PDF_katalogy/Bocniky_EXIMUS.pdf>
- [3] International Rectifier *FB180SA10 datasheet* [online]. [cit. 2009-11-3]
Dostupné z URL:
<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/84976/IRF/FB180SA10.html>>
- [4] OEZ *PN000 25A gG* [online]. [cit. 2009-11-3]
Dostupné z URL:<http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/1327-Z01-08_CZ_SK.pdf>
- [5] Polovodiče a.s. *Q 120 typ 117.2* [online]. [cit. 2009-11-3]
Dostupné z URL:<<http://www.plovodice.cz/products.php/46>>
- [6] SUNON DP200A [online]. [cit. 2010-5-13]
Dostupné z URL:< <http://www.ges.cz/dp200a-2123xst-ges07100027.html>>
- [7] National Semiconductor *LM2576T datasheet* [online]. [cit. 2009-11-5]
Dostupné z URL:
<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/134374/ETC/LM2576T.html>
- [8] PS Electronic s.r.o. *ZDROJ 24V 12.5A (300W-24V)* [online]. [cit. 2009-11-5]
Dostupné z URL:
<http://www.pselectronic.cz/k5204-0533-zdroj-24v-12-5a-300w-24v.html>
- [9] International Rectifier *IRF4905 datasheet* [online]. [cit. 2009-11-5]
Dostupné z URL:< <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irf2804.pdf>>
- [10] International Rectifier MBR20100CT *datasheet* [online]. [cit. 2009-11-5]
Dostupné z URL:
< http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/223/223-097/dsh.223-097.1.pdf >
- [11] ATMEL *AT90USB1287* [online]. [cit. 2009-11-10]
Dostupné z URL: <http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=3875>
- [12] V4554D [online]. [cit. 2010-5-13]
Dostupné z URL: <<http://www.gme.cz/cz/v4554d-p620-004.html>>

Seznam použitých zkratek

PC Personal Computer, počítač

USB Universal Serial Bus,

RS-232..... Standard sériové komunikace

LCD Liquid crystal display

ISP In System Programing

PWM Pulse-width modulation, pulsně-šířkové modulace

NiMH Nickel-metal hydride battery

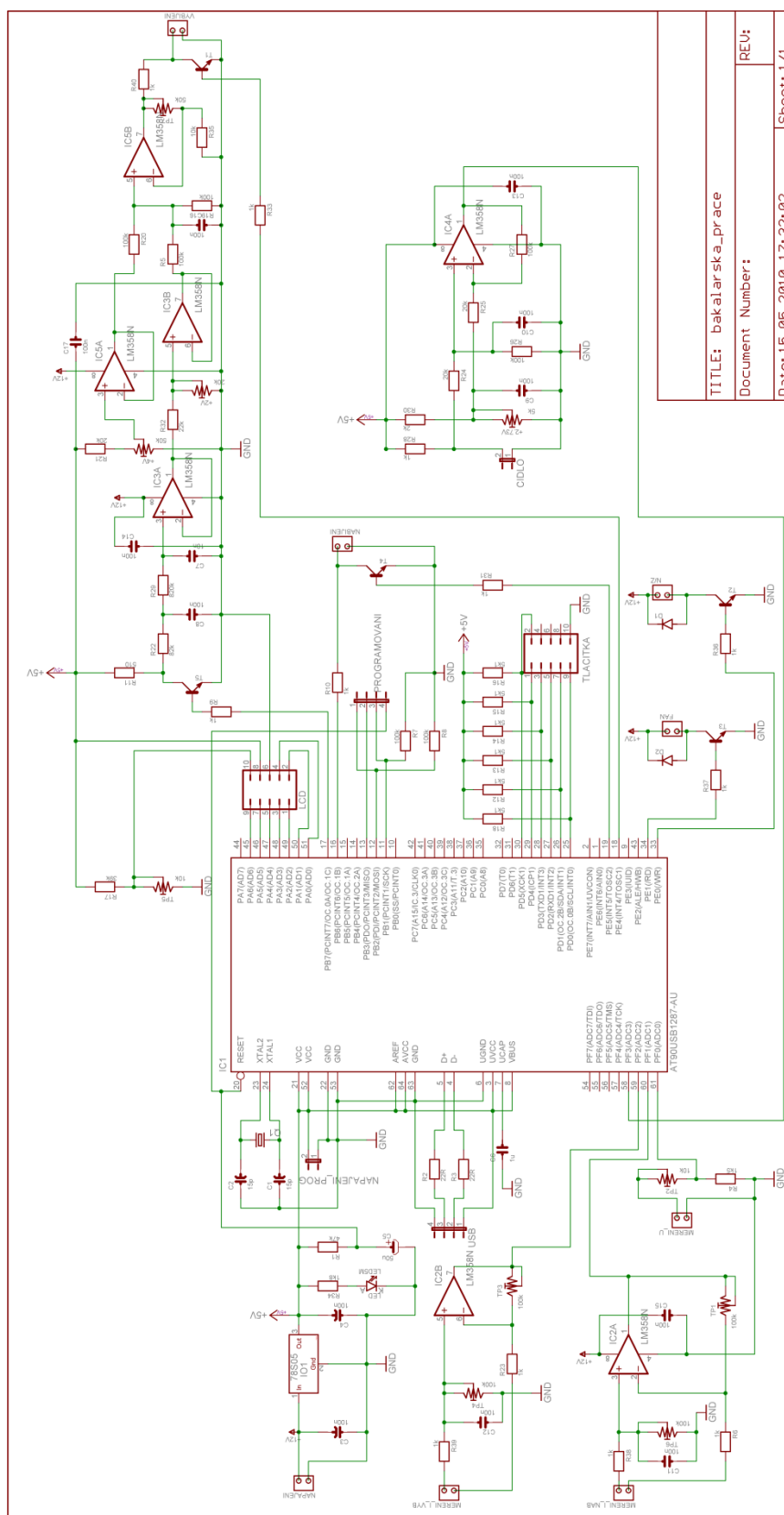
NiCd Nickel-cadmium battery

AA mikrotužkové baterie

AAA tužkové baterie

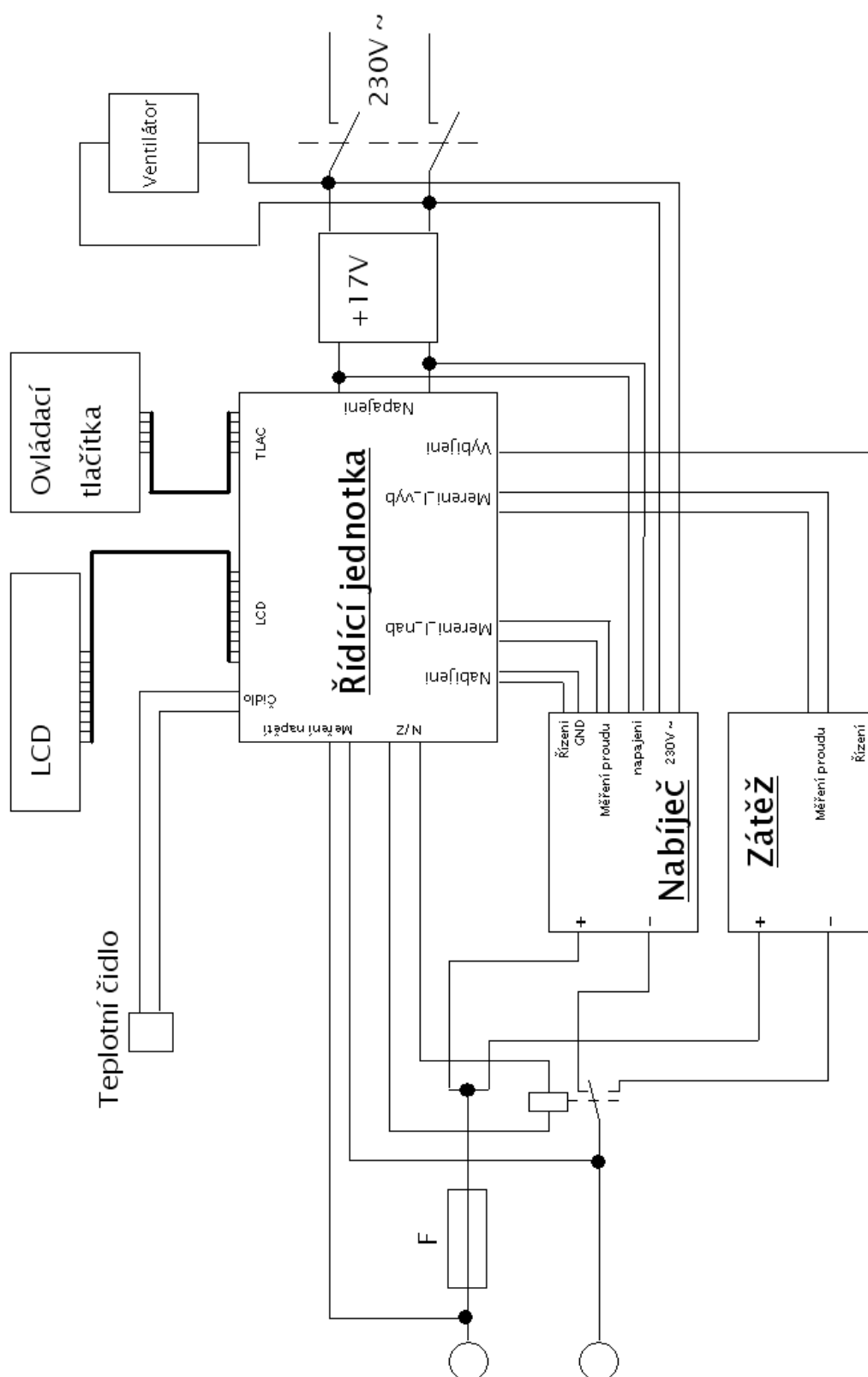
Přílohy

A1 Schéma řídicí desky



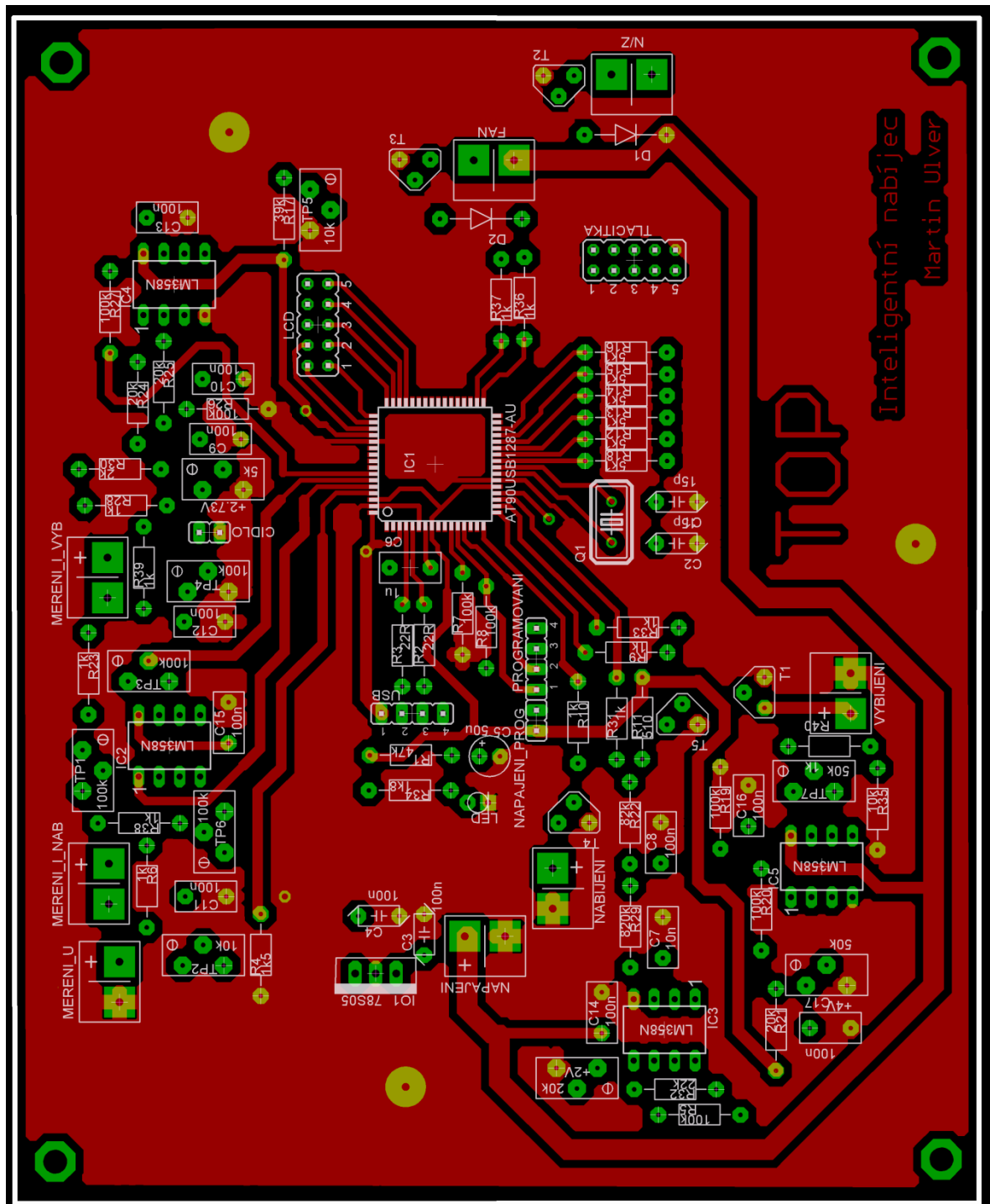
TITLE: bakalarska_prace
 Document Number:
 Date: 15.05.2010 17:32:02
 Sheet: 1/1
 REV:

A2 Blokové schéma



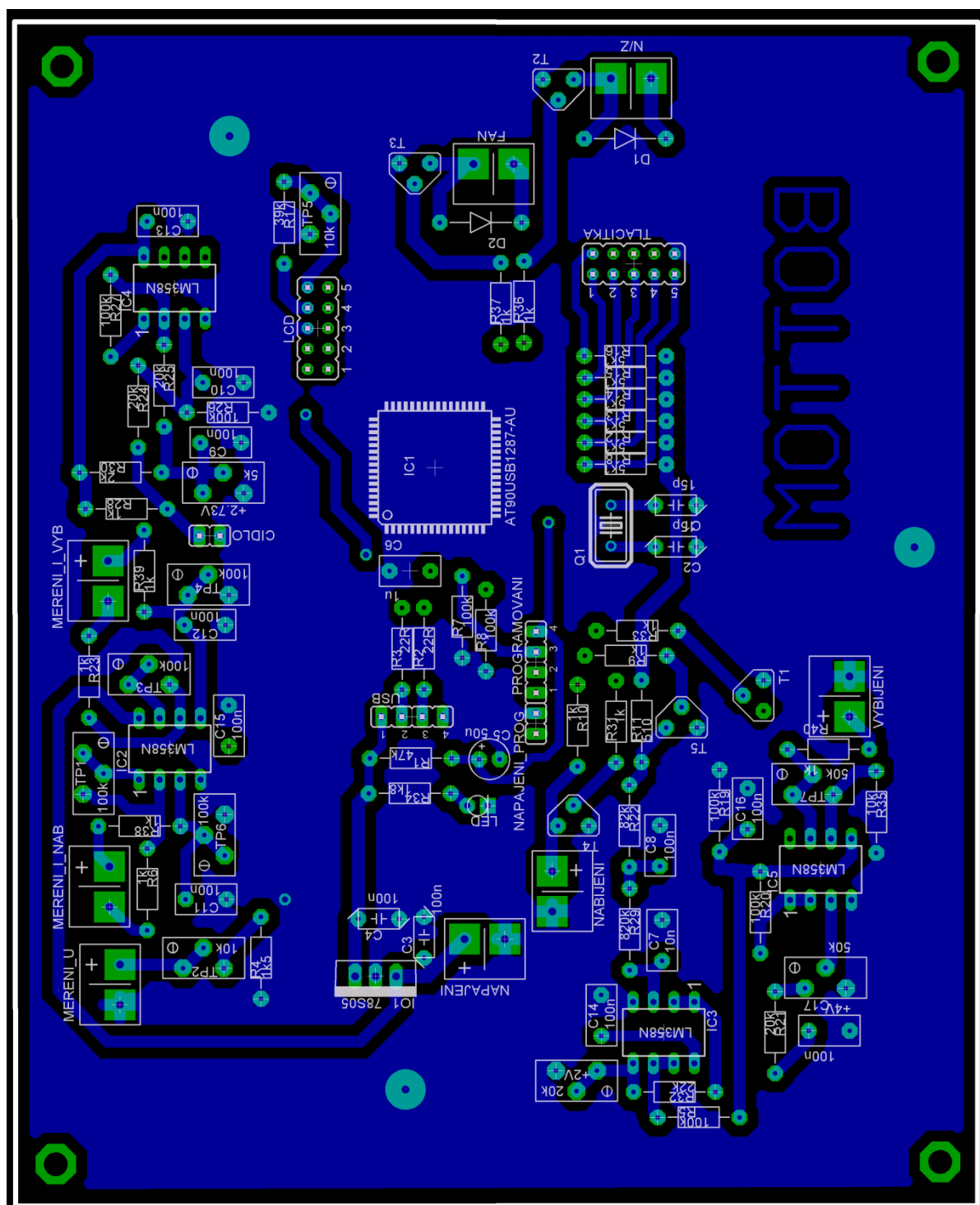
Rozměr – 147 x 120 mm

Rozměr – 147 x 120 mm



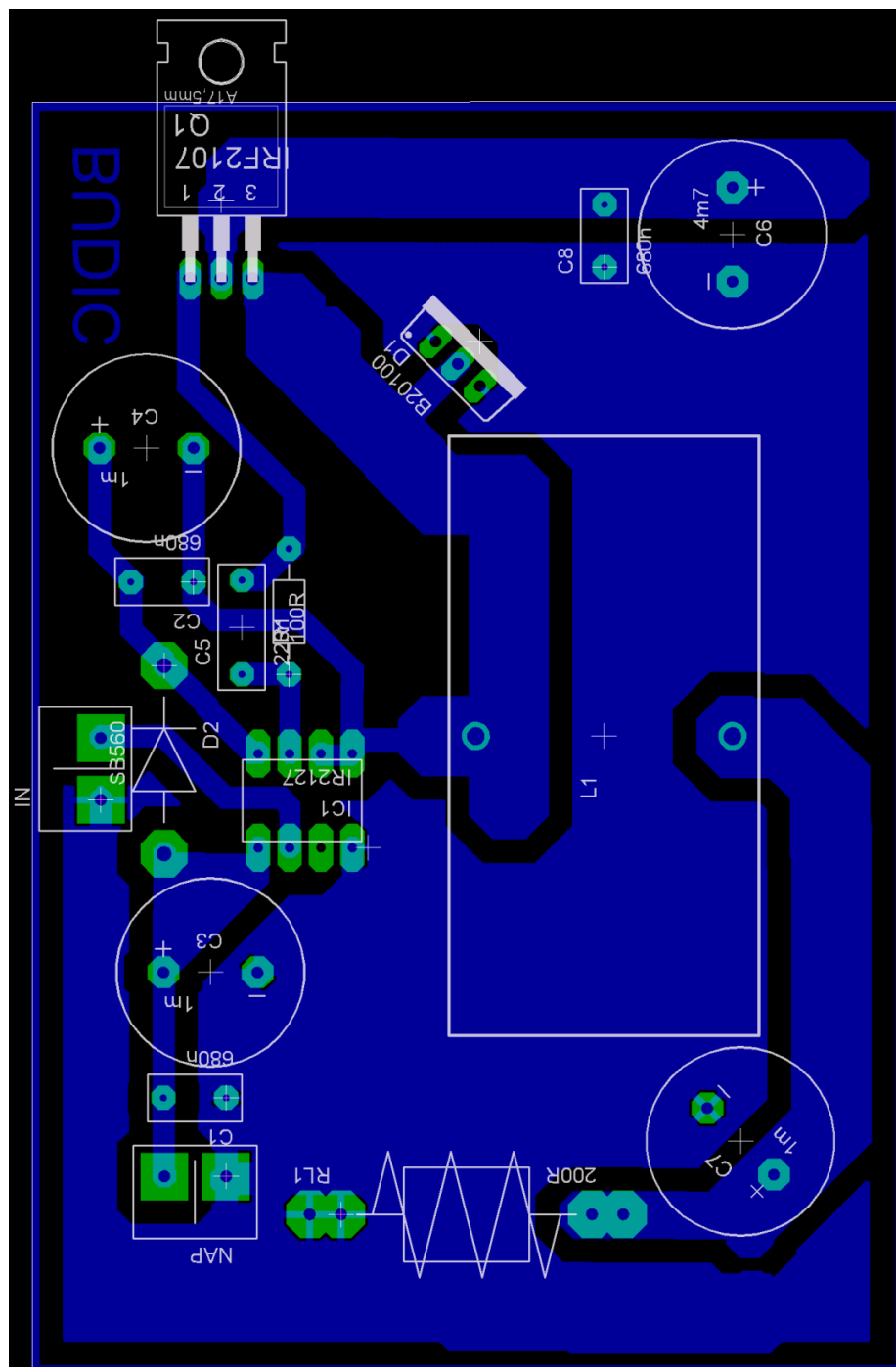
B2 DPS Řídící desky – strana spojů

Rozměr – 147 x 120 mm



B3 DPS Nabíječe

Rozměr – 103 x 71 mm



B4 Seznam součástek

Řídící deska:

Součástka	Označení na DPS	Typ
Dioda	D1	1N4148
Dioda	D2	1N4148
IO	IC1	AT90USB1287-AU
IO	IC2	LM358N
IO	IC3	LM358N
IO	IC4	LM358N
IO	IC5	LM358N
IO	IO1	78S05
Kondenzátor	C1	15p
Kondenzátor	C2	15p
Kondenzátor	C3	100n
Kondenzátor	C4	100n
Kondenzátor	C5	50u
Kondenzátor	C6	1u
Kondenzátor	C7	10n
Kondenzátor	C8	100n
Kondenzátor	C9	100n
Kondenzátor	C10	100n
Kondenzátor	C11	100n
Kondenzátor	C12	100n
Kondenzátor	C13	100n
Kondenzátor	C14	100n
Kondenzátor	C15	100n
Kondenzátor	C16	100n
Kondenzátor	C17	100n
Konektor	CIDLO	Lámací lišta jednořadá
Konektor	LCD	Lámací lišta dvouřadá
Konektor	NAPAJENI_PROG	Lámací lišta jednořadá
Konektor	PROGRAMOVANI	Lámací lišta jednořadá
Konektor	TLACITKA	Lámací lišta dvouřadá
Konektor	USB	Lámací lišta jednořadá
Krystal	Q1	16MHz
LED	LED	LED5M
Odpor	R1	47k
Odpor	R2	22R
Odpor	R3	22R
Odpor	R4	1k5
Odpor	R5	100k
Odpor	R6	1k

Odpor	R7	100k
Odpor	R8	100k
Odpor	R9	1k
Odpor	R10	1k
Odpor	R11	510
Odpor	R12	5k1
Odpor	R13	5k1
Odpor	R14	5k1
Odpor	R15	5k1
Odpor	R16	5k1
Odpor	R17	39k
Odpor	R18	5k1
Odpor	R19	100k
Odpor	R20	100k
Odpor	R21	20k
Odpor	R22	82k
Odpor	R23	1k
Odpor	R24	20k
Odpor	R25	20k
Odpor	R26	100k
Odpor	R27	100k
Odpor	R28	1k
Odpor	R29	820k
Odpor	R30	2k
Odpor	R31	1k
Odpor	R32	22k
Odpor	R33	1k
Odpor	R34	1k8
Odpor	R35	10k
Odpor	R36	1k
Odpor	R37	1k
Odpor	R38	1k
Odpor	R39	1k
Odpor	R40	1k
Svorkovnice	FAN	jednořadá, hrizontální
Svorkovnice	MERENI_I_NAB	jednořadá, vertikální
Svorkovnice	MERENI_I_VYB	jednořadá, vertikální
Svorkovnice	MERENI_U	jednořadá, vertikální
Svorkovnice	N/Z	jednořadá, hrizontální
Svorkovnice	NABIJENI	jednořadá, hrizontální
Svorkovnice	NAPAJENI	jednořadá, vertikální
Svorkovnice	VYBIJENI	jednořadá, hrizontální
Tranzistor	T1	BC337
Tranzistor	T2	BC337

Tranzistor	T3	BC337
Tranzistor	T4	BC337
Tranzistor	T5	BC337
Trimr - 64 Y	+2.73V	5k
Trimr - 64 Y	+2V	20k
Trimr - 64 Y	+4V	50k
Trimr - 64 Y	TP1	100k
Trimr - 64 Y	TP2	10k
Trimr - 64 Y	TP3	100k
Trimr - 64 Y	TP4	100k
Trimr - 64 Y	TP5	10k
Trimr - 64 Y	TP6	100k
Trimr - 64 Y	TP7	50k

Nabíječ:

Součástka	Označení na DPS	Typ
Cívka	L1	30 μ H
Dioda	D1	MBR20100CT
Dioda	D2	SB560
IO	IC1	IR2127
Kondenzátor	C1	680n
Kondenzátor	C2	680n
Kondenzátor	C3	1m
Kondenzátor	C4	1m
Kondenzátor	C5	220n
Kondenzátor	C6	4m7
Kondenzátor	C7	1m
Kondenzátor	C8	680n
Odpor	R1	100R
Odpor	RL1	200R
Svorkovnice	IN	jednořadá, vertikální
Svorkovnice	NAP	jednořadá, vertikální
Tranzistor	Q1	IRF2107

Vybíjení:

Součástka	Označení	Typ
Tranzistor		FB180SA10
Odpor 50W		HSA50 0R15
Bočník		60mV/25A
Chladič		Q 120 typ 117.2

Ostatní:

Výstupní svorky	Zdířky do panelu
Pojistka	PNB000
Bočník pro nabíjení	60mV/25A
Ventilátor	SUNON DP200A
Zdroj 24V/12A	PSIN30024
Síťový vypínač	P-C1553AB01G
Teplotní čidlo	LM335
LCD	2 řádky, 24 znaků
Tlačítka	Mikrospínače
Zdroj 17V	Adaptér síťový spínaný 24V/1000mA